

МАШИНИ І ЗАСОБИ МЕХАНІЗАЦІЇ

УДК 669.018.25:631.3

ЮВІЛЕЙ М. П. МОМОТЕНКА І СЬОГОДЕННЯ АГРАРНИХ ІНЖЕНЕРІВ УКРАЇНИ

***Д. Г. Войтюк, кандидат технічних наук,
член-кореспондент НААН
e-mail: sgms@ukr.net***

19 травня 2016 року виповнюється 85 років від дня народження видатного керівника інженерної служби, відомого державного діяча України, одного із творців системи «Сільгосптехніка», Миколи Петровича Момотенка. Цій даті присвячується XII Міжнародна наукова конференція «Рациональне використання енергії в техніці», яку проводять Національний університет біоресурсів і природокористування України, Представництво Польської академії наук в Києві, Польська академія наук Відділення в Любліні, Академія інженерних наук України, Українська асоціація аграрних інженерів.

На конференцію запрошені були соратники М. П. Момотенка, відомі керівники держави і агропромислового комплексу: Олександр Олександрович Мороз, Всеволод Іванович Федан, В'ячеслав Григорович Лисенко, Василь Федорович Шпак, Борис Йосипович Кириченко, Віктор Антонович Легун, Василь Григорович Гаранін, Василь Олексійович Цюра, Володимир Федорович Кульгавий, а також відомі зарубіжні і вітчизняні вчені в галузі механізації: Eugeninsz Krasowski, Henryk Sobczuk, Mamuka Benashvili, Vladimir Gorobet, Stanislav Sosnovski, Piotr Kuzniar, Валерій Васильович Адамчук, Володимир Іванович Кравчук, Олександр Васильович Сидорчук, Олександр Петрович Левківський, Михайло Францевич Ковальов та інші.

Віддаючи данину пам'яті геніального інженера і високого державного діяча, доречно осмислити феномен його видатної постаті в аграрній галузі.

Одеська поетеса Анеліна Адалін написала такі рядки:

Нет, мы не рождаемся с душой:
Жизнью вырабатываем душу.
Этою поправкой небольшой
Вечную иллюзию разрушу, –
Страхам старины и новизны –
Вымыслу о бренности – не верьте:
Смертными на свет мы рождены,
Чтобы зарабатывать бессмертье.

© Д. Г. Войтюк, 2016

Своє покликання полегшити працю сільських трударів і на цій ниві заробляти безсмертя він успадкував від батька Петра Євменовича знаменитого коваля, а гаряче серце і душевну доброту від мами Ганни Родіонівни.

В своїй автобіографії Микола Петрович свою мрію реалізує вступом до Ніжинського технікуму механізації і електрифікації с.г., після закінчення якого з відзнакою у 1952 році, вступає на факультет механізації Київського сільськогосподарського інституту.

Природне обдарування, певний життєвий досвід, людська краса у фізичному та духовному розумінні, виняткова наполегливість і визначні організаторські здібності, дозволили йому стати не тільки відмінником навчання, а й сталінським стипендіатом та лідером комсомольської організації.

Закінчивши 1957 році з відзнакою факультет механізації, Микола Петрович, як іменний стипендіат мав право вибору продовжити навчання в аспірантурі або направлення на саме престижне місце в розподілі. Він обрав місце рядового інженера в Чорнобильській МТС, з якого і починається його стрімкий зріст до головного керівника індустріалізації сільськогосподарського виробництва – Голови державного комітету Української РСР по виробничо-технічному забезпеченню сільського господарства, обрання його депутатом Верховної Ради УРСР, кандидатом у члени ЦК КПУ.

Можна стверджувати, що в результаті резонансу долі і покликання відбулась геніальність Миколи Петровича.

Саме в системі «Сільгосптехніка» у повній мірі розкрився його гігантський інтелект, видатні організаторські здібності, його творча ініціатива. Система «Сільгосптехніка» забезпечила переведення сільськогосподарського виробництва на машинні технології у рослинництві і тваринництві, хоч цього було досить важко досягти зважаючи на ще недостатній технічний рівень вітчизняної техніки і низьку її надійність. Але створена у системі цілісна структура підготовки і підвищення кваліфікації кадрів, постачання, передпродажного сервісу, технічного обслуговування і ремонту, автоматизована система управління сприяли ефективній роботі вітчизняної сільськогосподарської техніки. Виконуючи величезної ваги і складності державні завдання з виробничо-технічного забезпечення сільського господарства, депутатські обов'язки, Микола Петрович міг би, як це робили частина наших іменитих випускників у той час і зараз, хизуватись своїм положенням, посилатись на величезну зайнятість і виконувати представницькі функції на планових зустрічах у рідному вузі. Але такий підхід не був прийнятний для нього. Великий патріот України, її видатний діяч він

розумів значення освіти і науки для майбутнього України і тому з синовньою вдячністю і теплотою, щирістю і сердечністю ставився до проблем рідного факультету і робив усе можливе, а іноді і неможливе, для вирішення проблем, що виникали.

Так відбувалась передача нової техніки та побудованого машинного двору на баланс академії.

Відчуваючи необхідність поєднання навчального процесу з досягненнями науки і врахування потреб швидко прогресуючого виробництва, ми з Миколою Петровичем дійшли до переконання інтегрувати зусилля вчених факультету, відповідних структур «Укрсільгосптехніки», науково-дослідних інститутів. У результаті було створено навчально-науково-виробниче об'єднання «Мехсільгоспкадри», куди увійшли установи, підприємства й організації, наведені нижче згідно з оригіналом:

Учреждения, предприятия и организации, создающие учебно-научно-производственное «Мехсельхозкадры»:

1. Украинская ордена Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия.

2. Украинский республиканский трест ремонтных предприятий «Укрремтрест» «Госкомсельхозтехники» УССР.

3. Киевское областное производственное объединение по производственно-техническому обеспечению сельского хозяйства «Госкомсельхозтехники» УССР

4. Украинский проектно-технологический институт «Укрсельхозтехпроект» «Госкомсельхозтехники» УССР.

5. Главная лаборатория по качеству, стандартизации и метрологии «Госкомсельхозтехники» УССР.

6. Республиканский курсы по подготовке и повышению квалификации рабочих и инженерно-технических кадров с центральным учебно-методическим кабинетом «Госкомсельхозтехники» УССР.

7. Центральное конструкторско-технологическое бюро.

8. Всесоюзный научно-исследовательский институт по испытанию машин и оборудования для животноводства и кормопроизводства «Госкомсельхозтехники» СССР.

9. Украинский филиал Государственного всесоюзного ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательского технологического института ремонта и эксплуатации машинно-тракторного парка «Госкомсельхозтехники» СССР.

10. Научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства Южного отделения ВАСХНИЛ.

Мета об'єднання – коректування планів підготовки висококваліфікованих спеціалістів з механізації сільського

господарства шляхом ув'язки навчального процесу з кращими досягненнями виробництва, розробка нових принципів технологічних процесів виробництва, підготовка науково обгрунтованих пропозицій щодо вдосконалення діючих типів сільгоспмашин, створення і впровадження у виробництво нових матеріалів, обладнання, приладів і пристосувань, які поліпшать і здешевлять роботи з ремонту сільськогосподарської техніки, підвищать її надійність при експлуатації, а також координація інших навчальних, наукових і виробничих питань. Головою об'єднання було обрано першого заступника Миколи Петровича Віктора Васильовича Куянова.

Створення об'єднання «Мехсільгоспкадри» ще раз засвідчило далекоглядність і державну мудрість Миколи Петровича Момотенка, оскільки тільки тепер, на початку нового століття, поставлено питання інтеграції навчальних і наукових закладів і вони проходять небезболісно, а ми це вирішували тридцять п'ять років тому.

Створення об'єднання «Мехсільгоспкадри» було прообразом теперішніх технопарків та наукових парків.

Про відданість Миколи Петровича Момотенка рідному факультету свідчить ще й такий факт: у грудні 1979 року відзначалося 50-річчя факультету, у цей самий день проходив Всеукраїнський з'їзд колгоспників і, коли міністр сільського господарства М. В. Хорунжий запитав, чому немає на з'їзді М. П. Момотенка, йому відповіли, що він на ювілеї факультету, на що міністр сказав: «Зрозуміло».

Це далеко не повний перелік видатної ролі М. П. Момотенка у розвитку факультету. Факультетом підготовлено більше 14 тисяч випускників, серед яких багато видатних учених, академіків, ректорів вузів, відомих державних діячів, народних депутатів, високих чиновників і багатих сучасних бізнесменів, але постать Миколи Петровича Момотенка відокремлюється особливо своєю величністю і мудрістю, простотою і скромністю, відданістю поставленій меті і невтомною впертістю в її досягненні, принциповістю і доброзичливістю.

Ім'я Миколи Петровича Момотенка золотими буквами внесено в історію факультету механізації і Національного університету біоресурсів і природокористування України, в його честь запроваджено перехідний кубок серед студентських механізованих загонів, його ім'я присвоєно кафедрі технічного сервісу в АПК, база якої побудована у 1979 році «Укрсільгосптехнікою», всім поколінням студентів передається вдячна пам'ять про видатного випускника факультету механізації.

Микола Петрович пішов з життя у розквіті сил, не доживши кілька місяців до свого 50-ліття. Україна втратила великого і

достойного сина, видатного державного діяча. Можна з впевненістю сказати, якби він дожив до наших часів, багато чого б пішло не тим шляхом. Бо він не зміг би спокійно споглядати за начебто стихійним, а фактично наперед спланованим руйнуванням аграрного сектору економіки і серцевини українського народу – селянства в цілому.

Можна бути впевненим, як тільки в Україні будуть розв'язані руки фермерству і сільськогосподарській кооперації, досвід Сільгосптехніки, особливо, в частині технічного сервісу та матеріально-технічного забезпечення ще знадобиться при розгортанні роботи сільськогосподарських обслуговуючих кооперативів.

Віддаючи шану пам'яті Миколи Петровича Момотенка, видатного державного діяча, вірного сина і щирого патріота України, нам необхідно зосередитись на тому, як краще використати неоціненний досвід, набутий Сільгосптехнікою, для прискорення впровадження в аграрне виробництво найновіших досягнень науки і техніки, освоєння ефективних технологій, машин і обладнання.

В умовах розвитку ринкової економіки, наростання економічної і екологічної напруженості, дефіциту багатьох видів ресурсів виробництва виникає потреба в різкому підвищенні частки інтелектуальних функцій в інженерно-технічній діяльності. Потрібно забезпечити системну єдність техніки, технологій та природного середовища, знизити негативні наслідки машинних технологій, цілеспрямовано впроваджувати ресурсощадні, екологічно безпечні механізовані та автоматизовані процеси, створюючи цим самим передумови для коригованого сумісного розвитку суспільства в гармонії з природою.

Інженерна служба села переживає тепер не найкращі часи. Руйнування колективних господарств боляче вдарило по основній масі аграрних інженерів, які там працювали. Не краще становище в сфері технічного сервісу, сільськогосподарського машинобудування та у сфері управління сільськогосподарським виробництвом. Дійшло до того, що в Мінагрополітики ліквідовано департамент науково-технічної політики, його рештки влило до складу Департаменту землеробства. В обласних управліннях агропромислового розвитку інженерна служба вкрай малочисленна, а в районних – її немає зовсім. Інспекцію «Держтехнагляду», яка ще зберігала чітку структуру і доходила до районів та господарств відірвана від основної інженерної групи і передана до складу інспекційної служби міністерства. Потрібно докласти максимум зусиль, зробити все можливе і навіть неможливе, щоб не втратити цей останній бастион аграрної інженерії, найбільш наближений до сільськогосподарського виробництва.

В цих умовах істотно зростає роль громадських організацій, які з одного боку можуть об'єднати широкі верстви фахівців, зайнятих у різних підприємствах, організаціях, у сфері управління АПК, в освітніх та наукових закладах, з другого боку здатні викристалізувати головні проблеми сьогодення, запропонувати шляхи їх розв'язання і довести це до свідомості правлячих кругів, домогтись прийняття потрібних рішень та здійснювати регулярний контроль за їх виконанням.

Однією з таких громадських організацій є Українська асоціація аграрних інженерів. Створена в 2001 році з ініціативи обласних спілок аграрних інженерів і зареєстрована Міністерством юстиції України як Всеукраїнська спілка громадських організацій «Українська асоціація аграрних інженерів» (УААІ) основною метою визначила координацію діяльності членів Асоціації у задоволенні їх спільних інтересів у галузі розробки, виробництва та використання засобів механізації сільського господарства, підготовки та підвищення кваліфікації кадрів, а також захист соціальних, економічних, творчих, освітніх та інших прав аграрних інженерів і техніків, сприяння їх професійному зростанню та пропаганді досвіду.

Спілки аграрних інженерів вже діють у 24 областях України. До УААІ входять 149 районних спілок і місцевих товариств, в яких налічується 3990 членів. Крупні місцеві товариства аграрних інженерів створені в 10 університетах та науково-дослідних установах, ведеться робота зі створення місцевих товариств у всіх підприємствах вітчизняного сільськогосподарського машинобудування і технічного сервісу, інженерних службах управлінь сільського господарства, інспекціях «Держтехнагляд», навчальних закладах, які готують фахівців з механізації, електрифікації та автоматизації виробничих процесів в аграрному секторі виробництва.

За активною участю Української асоціації аграрних інженерів розроблено прийнятий Верховною Радою України Закон України «Про захист прав покупців сільськогосподарської техніки», відновлено видання журналу «Механізація сільського господарства», наша Асоціація офіційно введена до складу Громадської колегії Міністерства аграрної політики України, є колективним членом ВГО «Українська аграрна конфедерація», брала активну участь у роботі Міжвідомчої експертної ради з питань визначення пріоритетів у виробництві нової техніки та обладнання для сільськогосподарських товаровиробників, науково-технічної ради Мінагрополітики, тісно співпрацювала з НАК «Укراгролізинг», національною сільськогосподарською палатою України, Асоціацією фермерів та приватних землевласників України, Всеукраїнським союзом

сільськогосподарських підприємств, а тому має реальні можливості захисту інтересів виробників і покупців сільськогосподарської техніки, керівників підприємств, їх підрозділів та рядових інженерно-технічних працівників.

УААІ бере участь у розробці та експертизі проектів законів, що стосуються основних засад державної аграрної політики, програм соціального розвитку села, продовольчої безпеки України, програм державної технічної політики в аграрному секторі, стимулювання розвитку вітчизняного сільськогосподарського машинобудування.

Визначальною для програми сільськогосподарського машинобудування є програма розвитку сільськогосподарського виробництва у відповідності до схваленої розпорядженням Кабінету Міністрів України від 23.12.2009 р. № 1650 Концепції Державної цільової економічної програми впровадження в агропромисловому комплексі новітніх технологій виробництва сільськогосподарської продукції на період до 2016 року. Реалізація цієї програми на державному рівні повинна вирішити:

1. Які технології в сільському господарстві залежно від зональних умов необхідні і можуть забезпечити сталий розвиток.
2. Яка техніка необхідна для реалізації цих технологій.
3. Яку техніку слід підтримувати уряду через здешевлення вартості, дотації або лізинг.

Підготовку такої інформації було покладено на утворений розпорядженням Кабінету Міністрів України № 264-р від 17.02.2010 р. Український навчально-науково-інноваційний центр новітньої сільськогосподарської техніки і технологій.

Доцільно розробити окрему Державну програму підвищення конкурентоспроможності вітчизняної техніки та обладнання для агропромислового комплексу, передбачивши дотримання світових стандартів в частині контролю якості та надійності на всіх етапах створення нових зразків техніки від розробки до постановки на виробництво.

Особлива увага повинна бути приділена якості виробництва металовиробів, композиційних та полімерних матеріалів, що забезпечать відповідальність високим технологіям при виробництві машин і обладнання, для чого створити в Україні декілька заводів цього напрямку.

Пріоритетом в розробці сільськогосподарської техніки на даному етапі і на найближчу перспективу слід вважати створення вітчизняного трактора потужністю 250-300 к. с, зернозбирального комбайна, кормозбирального комбайна та сучасної елементної бази.

Одним з найважливіших елементів технічного переоснащення сільського господарства є підготовка і підвищення кваліфікації

сучасних конструкторських кадрів, сервісних спеціалістів та операторів по експлуатації новітньої сільськогосподарської техніки.

Слід глибоко усвідомлювати, що роль інженерної освіти і інженерного мислення є визначальним для покращення кризової ситуації в інженерно-технічному забезпеченні АПК і подальшого сталого розвитку. Лише ті країни, чий інженерний корпус виявиться найбільш грамотним і працездатним, зможуть без вагомих втрат пройти важкий кризовий період, вибравшись з нього навіть більш сильними налаштованими на подальше покращення.

А це в свою чергу означає, що вимоги до якості освіти інженерів, програм їхнього навчання будуть лише зростати. Інженерна освіта лише тоді зможе вважатися повною, якщо вона спирається на глибокі фундаментальні знання і містить обов'язкову компонентну – проведення наукових досліджень.

Велика увага в Асоціації надається роботі з ветеранами, узагальненню та збереженню для потомків неоціненого їх досвіду. За активної підтримки Асоціації групою ветеранів на чолі з Віталієм Васильовичем Мостовиком підготовлено два видання книги «Микола Петрович Момотенко. Життя – Україні», та книгу «Нариси з історії виробничої діяльності Держкомсільгостехніки УРСР та НАК «Укراгролізинг», створено Музей інженерної служби АПК, який в даний час доповнюється розділом, що висвітлює сучасний стан вітчизняного машинобудування та підготовки інженерно-технічних кадрів.

Українська асоціація аграрних інженерів планує здійснити цілу низку заходів спрямованих на поліпшення інженерно-технічного забезпечення АПК.

Справу Миколи Петровича Момотенка необхідно продовжувати на новому рівні, а про нього потрібно сказати словами М. О. Некрасова: «Природа мать, если бы ты таких людей ты иногда не посылала миру, заглохла б нива жизни».

chance to define optimum conditions of realisation of processes, that finally leads to increase of production efficiency and quality of production.

Key words: *thermodynamic characteristics, potential of moisture transport, moisture content, specific isothermal massenkoff, reference body, mass-transfer degree*

УДК 631.315:629.783

СТРУКТУРА НАВІГАЦІЙНОГО КОМПЛЕКСУ БЕЗПІЛОТНОЇ ПОЛЬОВОЇ МАШИНИ

Л. В. Аніскевич, доктор технічних наук
Ю. О. Росамаха, здобувач*
e-mail: rosamaha.vchenyij@ukr.net

Анотація. Проведено аналітичний опис системи автоматичного управління режимом руху безпілотної польової машини шляхом використання розімкненого інваріантного способу комплексної обробки навігаційної інформації, який може бути застосований для інтегрованих комплексів на базі супутникової та курсо-швидкісної навігаційних підсистем. Перевірка ефективності функціонування розробленої математичної моделі навігаційно-управляючого комплексу безпілотної польової машини відбувається шляхом проведення імітаційного моделювання. Таке моделювання дозволяє оцінити правильність формування рівняння спостережень, екстраполяції оцінки вектора похибок навігаційних підсистем, корекції оцінок вектору стану системи та матриці поправок тощо. Також з'являється можливість порівняння якості розрахунку навігаційної інформації для різних схем інтеграції підсистем і методик обробки навігаційної інформації, у тому числі і запропонованої неінваріантної компенсаційної схеми побудови навігаційно-управляючого комплексу.

Ключові слова: *безпілотно польова машина, навігаційний комплекс, датчик швидкості, датчик курсу, навігаційна інформація*

Постановка проблеми. Серед запропонованих нововведень при конструюванні мобільної сільськогосподарської техніки, з'явилися автоматизовані системи управління рухом, що мають безсумнівний економічний потенціал. Наприклад, відносно недорогі так звані "візирні системи" (lighbar), що встановлюються в кабіні

*Науковий керівник – доктор технічних наук Л. В. Аніскевич

© Л. В. Аніскевич, Ю. О. Росамаха, 2016

МТА, дозволяють оператору ефективно дотримуватись встановленого напрямку руху без застосування класичних маркерів.

Ці системи можуть бути використані за умов низької видимості, що збільшує можливий час використання техніки. Зменшення подвійних проходів і пропусків сприяє зростанню ефективності використання технологічних матеріалів, таких як добрива, насіння, пестициди тощо.

Системи паралельного водіння МТА можуть працювати в режимі автопілотування, коли відхилення від заданої траєкторії, що розраховується за допомогою апаратури глобальної системи позиціонування (ГСП), через спеціальні пристрої вводяться безпосередньо в систему управління ходовою частиною МТА, забезпечуючи рух по маршруту без втручання механізатора. Як правило, автопілот складається з пристрою паралельного водіння, контролера і виконавчого механізму, який підключається до гідравліки трактора.

Аналіз останніх досліджень. В зв'язку з розвитком нових систем землеробства та впровадженням сучасних технологій природокористування все більш широкого застосування набувають системи роботизованого виконання польових технологічних завдань, наприклад операцій збору та реєстрації місцевизначених польових даних, а також використання машинно-тракторних агрегатів на таких операціях, де задіяні шкідливі для людини речовини і об'єкти тощо. Застосування наземних засобів автоматизованого збору польових даних дозволяє зменшити витрати робочого часу на проведення операцій моніторингу стану екосистем, підвищити просторову точність виконання польових завдань і забезпечити безперервність процесів моніторингу природних ресурсів. Поставлені задачі обумовлюють необхідність вирішення проблем безпілотного керування машинно-тракторними агрегатами в сучасних системах природокористування. Використання безпілотних систем для управління рухом польових мобільних об'єктів захищає здоров'я оператора на операціях внесення пестицидів, висококонцентрованих хімічних речовин, мінеральних добрив тощо, дає можливість знизити собівартість виконання польових механізованих операцій шляхом економії витрат на оплату праці оператора.

Основна задача при навігації безпілотних польових машин (БПМ) – забезпечення інформацією про кінематичні рухи системи з визначенням координат місцезнаходження в полі і спрямовування БПМ по заданому маршруту. Для вирішення такої задачі необхідно мати бортову навігаційну систему і алгоритми обчислення навігаційної інформації. Розвиток сучасних навігаційних комплексів

іде по шляху інтеграції різних за принципом функціонування навігаційних підсистем, до складу яких входить апаратура ГСП, курсо-швидкісні та інерціальні датчики і обчислювачі, за допомогою яких на основі алгоритмів фільтрації здійснюється комплексна обробка всіх наявних вимірювань в цілях отримання максимальної точності визначення навігаційних параметрів при заданому складі апаратури [1–3].

Сумісне використання декількох навігаційних підсистем дозволяє, з одного боку, обмежити зростання похибок, наприклад, інерціальної навігаційної системи і, з іншого боку, понизити шумову складову похибок супутникової навігаційної системи (СНС), підвищити темп видачі інформації бортовим споживачам, істотно підняти рівень перешкодозахищеності. На сучасному етапі ядром інтегрованої системи є курсо-швидкісна навігаційна система (КШНС) та інерціальна навігаційна система (ІНС), які завдяки своїй автономності і можливості з високою швидкістю оновлювати інформацію, дають можливість розраховувати як позиційну, так і кутову інформацію.

Мета досліджень. Особливість функціонування навігаційного комплексу полягає в тому, що шляхом оптимальної обробки вихідних сигналів про параметри руху і орієнтації машини від КШНС та СНС необхідно отримати показники точності роботи комплексу в цілому вищими ніж точність роботи кожної з підсистем, що входять до складу комплексу.

Результати досліджень. В якості основної системи приймемо КШНС, а СНС виступатиме в ролі коригуючої. Задача оптимальної організації навігаційних підсистем в загальний навігаційно-управляючий комплекс є задачею інтеграції та побудови комплексу, а виконання операцій корекції навігаційної інформації є головним завданням навігаційного комплексу.

Для реалізації викладених вище алгоритмів побудови системи автоматичного управління рухом БПМ необхідно мати інформацію про поточні значення шляхової швидкості, кута постановки управляючих коліс, кута курсу, координат центра мас машини та похідних:

$$V(t), \varphi_p(t), \psi(t), \psi'(t), X(t), X'(t), Z(t), Z'(t). \quad (1)$$

Для отримання вказаної інформації використана наступна схема інтеграції навігаційних підсистем в бортовий навігаційний комплекс (НК) (рис. 1).

До складу бортового навігаційно-управляючого комплексу входять:

- супутникова навігаційна система, що працює в диференціальному режимі, а антена розташована в центрі мас

машини;

- датчик швидкості (ДШ), який вимірює поточну шляхову швидкість;
- датчик курсу (ДК), який вимірює кут курсу машини;
- азимутальний гіроскоп (АГ) – датчик швидкості зміни кута курсу.

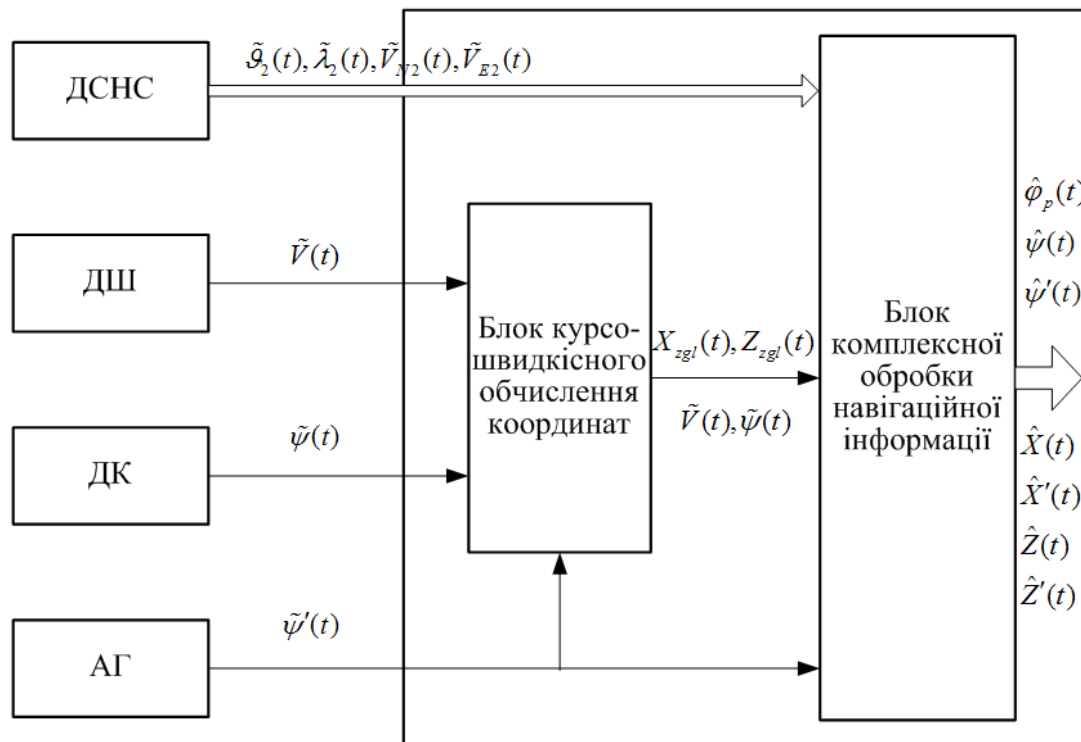


Рис. 1. Блок-схема бортового навігаційного комплексу.

Вихідна інформація азимутального гіроскопа відповідає виразу:

$$\tilde{\psi}'(t) = \psi'(t) + \Delta\omega + \eta_\omega(t), \quad (2)$$

де: $\Delta\omega$ – систематична похибка гіроскопа;

$\eta_\omega(t)$ – некорельована випадкова помилка, що має нульове математичне сподівання і відоме середньоквадратичне відхилення σ_ω .

Алгоритми комплексної обробки навігаційної інформації, яка надходить від датчиків і навігаційних підсистем з різними схемами інтеграції, базуються, в основному, на застосуванні варіацій методу Калмана [4].

Метод Калмана направлений на отримання точних, безперервно оновлюваних оцінок орієнтації і швидкості руху об'єкту за результатами ряду неточних вимірювань його місцеположення. Датчики орієнтації і місцеположення, швидкості і прискорення видають результати вимірювань з систематичними і випадковими похибками та шумами. Фільтр Калмана використовує імовірнісну модель обробки навігаційної інформації, що дозволяє понизити дію

похибок та шумів і отримати правильні оцінки стану об'єкту в різні моменти часу. Положення системи описується вектором кінцевої розмірності – вектором стану. У кожен момент часу лінійний оператор діє на вектор стану і переводить його в інший вектор стану (детермінована зміна стану), додається деякий вектор нормального шуму (випадкові чинники), а також вектор управління, що відповідає за функціонування системи.

При використанні фільтру Калмана для отримання оцінок вектора стану процесу по серії зашумлених вимірювань необхідно представити модель даного процесу відповідно до структури фільтру – у вигляді матричного рівняння певного типу. Для кожного такту роботи фільтру необхідно відповідно визначати матриці еволюції процесу, матрицю спостережень, коваріаційну матрицю процесу, коваріаційну матрицю шуму вимірювань, а також матрицю коефіцієнтів керуючих дій. Застосування методу Калмана, як оптимального дискретного фільтра для комплексної обробки навігаційної інформації, дає наступні переваги:

- дозволяє проводити оптимальну корекцію навігаційної інформації при одночасній роботі декількох коригуючих підсистем при довільній циклограмі підключення та виключення підсистем та імітації відмов елементів навігаційного комплексу;

- навігаційна інформація обробляється кроками безпосередньо по мірі їх надходження з використанням алгоритму розв'язку сукупності диференціальних та алгебраїчних рівнянь.

Традиційний спосіб комплексної обробки навігаційної інформації від двох навігаційних підсистем – КШНС та ДШНС базується [5] на формуванні різницевих вимірів – тобто різниць оцінок навігаційних параметрів, що отримані на виходах КШ підсистеми та ДШНС. З використанням цих різницевих вимірювань вирішується задача оцінювання (фільтрації) поточних похибок систем числення координат на фоні випадкових похибок ДШНС. Такий підхід, при лінійному характері моделі еволюції похибок КШ підсистеми розрахунку координат в часі, дозволяє при використанні лінійного оптимального фільтру отримати незміщені оцінки похибок розрахунку координат при забезпеченні їх незалежності (інваріантності) від шуканих навігаційних параметрів БПМ. Оцінки помилок, що отримуються на виході фільтра, використовуються для виправлення вихідної навігаційної інформації. Блок-схема такої методики розрахунку навігаційної інформації представлена на (рис. 2).

Передбачається, що вихідні сигнали датчика курсу відповідають виразу виду:

$$\tilde{\psi}(t_K) = \psi(t_K) + \Delta\psi + \eta(t_K), \quad (3)$$

де: $\Delta\psi$ – систематична похибка датчика курсу;

$\eta(t_K)$ – некорельована випадкова похибка, що має нульове математичне очікування і відоме середньоквадратичне значення σ_ψ ;

$\psi(t_K)$ – фактичне значення кута курсу БПМ у момент часу $t = t_K$, тобто кута між віссю X, що лежить в площині меридіану на початку координат і направлена відповідно на північ та повздовжньою віссю БПМ.

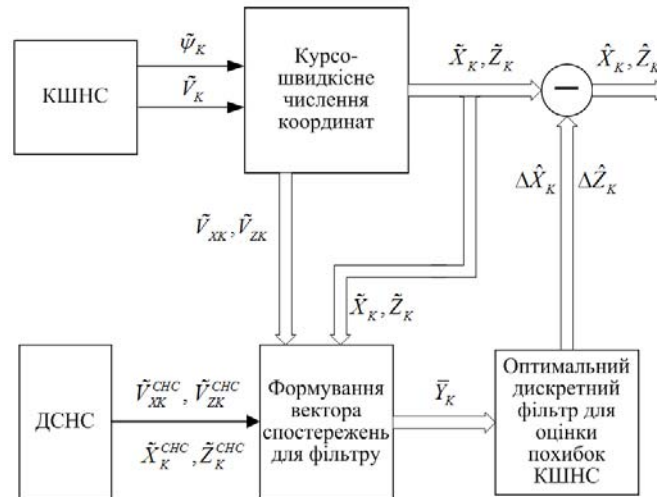


Рис. 2. Блок-схема розімкнутого інваріантного способу комплексної обробки навігаційної інформації від КШНС та ДСНС.

Вихідні сигнали датчика шляхової швидкості описуються рівнянням виду:

$$\tilde{V}(t_K) = V(t_K)(1 + \delta_V) + \eta_{Vd}(t_K), \quad (4)$$

де: δ_V – систематична похибка масштабного коефіцієнта датчика шляхової швидкості;

$\eta_{Vd}(t_K)$ – некорельована випадкова похибка, що має нульове математичне очікування і відоме середньоквадратичне значення σ_{Vd} ;

$V(t_K)$ – фактичне значення шляхової швидкості центру мас БПМ у момент часу $t = t_K$.

Вихідні сигнали ДСНС відповідають наступним формулам:

$$\begin{aligned} \tilde{X}^{CHC}(t_K) &= X(t_K) + \eta_X(t_K); \\ \tilde{Z}^{CHC}(t_K) &= Z(t_K) + \eta_Z(t_K); \\ \tilde{V}_X^{CHC}(t_K) &= V_X(t_K) + \eta_{V_X}(t_K); \\ \tilde{V}_Z^{CHC}(t_K) &= V_Z(t_K) + \eta_{V_Z}(t_K), \end{aligned} \quad (5)$$

де: $\eta_X(t_K)$, $\eta_Z(t_K)$, $\eta_{V_X}(t_K)$, $\eta_{V_Z}(t_K)$ – некорельовані випадкові похибки ДСНС у вимірюванні ортодромічних координат і складових шляхової

швидкості центру мас БПМ, що мають нульові математичні очікування і відомі середньоквадратичні значення $\sigma_X, \sigma_Z, \sigma_{V_X}, \sigma_{V_Z}$; $X(t_K), Z(t_K)$ – фактичні значення координат центра мас БПМ у момент часу $t=t_K$; $V_X(t_K), V_Z(t_K)$ – фактичні значення шляхових швидкостей центра мас БПМ у момент часу $t=t_K$.

Числення координат від курсо-швидкісної підсистеми БПМ виконується за формулами:

$$\begin{aligned} X_S(t_{K+1}) &= X(t_0) + \tilde{V}_X(t_K) \cos \tilde{\psi}(t_K) \Delta T; \\ Z_S(t_{K+1}) &= Z(t_0) + \tilde{V}_Z(t_K) \sin \tilde{\psi}(t_K) \Delta T, \end{aligned} \quad (6)$$

де: $X(t_0), Z(t_0)$ – задані початкові умови; ΔT – крок дискретизації, що дорівнює періоду оновлення інформації від ДСНС.

Прийнято, що вектор шляхової швидкості центру мас БПМ співпадає по напрямленню з повздовжньою віссю машини, тобто кут зносу дорівнює нулю. Для колісної БПМ ця передумова виконується, якщо у якості опорної точки використовується не центр мас машини, а центр вісі задніх коліс і рух БПМ по опорній поверхні виконується без ковзання. З урахуванням виразів (2)–(6) дискретна модель еволюції похибок курсо-швидкісної навігаційної підсистеми представлена у вигляді:

$$\Delta \bar{X}_{K+1} = \Phi_K \Delta \bar{X}_K + B_1 \bar{\varepsilon}_{1K} + B_2 \bar{\varepsilon}_{2K}, \quad (7)$$

де: $\Delta \bar{X}_K = (\Delta X_K, \Delta Z_K, \delta_V, \Delta \psi)^T$;

$\Delta X_K, \Delta Z_K$ – помилка числення координат центру мас БПМ;

$\bar{\varepsilon}_{1K}, \bar{\varepsilon}_{2K}$ – чотиримірні вектори-стовпці некорельованих випадкових збурень з нульовими математичними очікуваннями і одиничними дисперсіями – вектори "білого" шуму.

Матриці Φ_K, B_1, B_2 мають вигляд:

$$\Phi_K = \begin{pmatrix} 1 & 0 & \tilde{V}_{X_K} \Delta T & -\tilde{V}_{Z_K} \Delta T \\ 0 & 1 & \tilde{V}_{Z_K} \Delta T & \tilde{V}_{X_K} \Delta T \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}; \quad (8)$$

$$B_1 = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \sigma_\xi \delta_V & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \sigma_\xi \Delta \psi \end{pmatrix} \cdot \Delta T^{\frac{1}{2}}; \quad (9)$$

$$B_2 = \begin{pmatrix} \sigma_{V_d} \cos \tilde{\psi}_K & -\delta_\psi \tilde{V}_{Z_K} & 0 & 0 \\ \sigma_{V_d} \sin \tilde{\psi}_K & \delta_\psi \tilde{V}_{X_K} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \cdot \Delta T^{\frac{1}{2}}, \quad (10)$$

де: $\sigma_\xi \delta_V$, $\sigma_\xi \Delta \psi$ – задані параметри, що характеризують малі зміни помилок δ_V та $\Delta \psi$ у часі:

$$\tilde{V}_{X_K} = \tilde{V}_K \cos \tilde{\psi}_K, \quad \tilde{V}_{Z_K} = \tilde{V}_K \sin \tilde{\psi}_K.$$

Описана схема комплексної обробки навігаційної інформації дозволяє оцінювати похибки оптимального дискретного фільтра на основі інформації від ДСНС та вводити поправки у вихідну інформацію КШНС по координатам, складовим шляхової швидкості та куту курсу. У відповідності до складеної на даний момент класифікації [6], таку схему можна віднести до інваріантної розімкненої схеми. Удосконалення такої схеми може бути проведено шляхом введення в процедуру курсо-швидкісного числення координат зворотних зв'язків по помилкам, а також по оцінках систематичних похибок датчиків курсу та швидкості, тобто шляхом переходу до так званої замкненої інваріантної схеми. Періоди введення відповідних зворотних зв'язків по оцінках помилок координат і по оцінках систематичних помилок датчиків (у числі тактів оновлення інформації від ДСНС) доцільно вибирати з урахуванням швидкостей збігання вихідних оцінок фільтра по оцінках координат і систематичним помилкам датчиків КШНС. У моменти введення зворотних зв'язків у процедуру курсо-швидкісного числення координат відповідні компоненти вектора стану системи в фільтрі обнуляються і надалі оцінюються прирощення відповідних помилок КШНС. Перехід до замкненої інваріантної схеми дозволяє суттєво підвищити сталість процедур комплексної обробки навігаційної інформації [7].

Введення на l -у кроці у КШНС зворотних зв'язків по оцінках помилок з виходу фільтра призводить до наступного алгоритму числення коефіцієнтів:

$$\begin{aligned} X_{ch(K+1)} &= X_{ch(K)}^+ + V_K^+ \cos \psi_K^+; \\ Z_{ch(K+1)} &= Z_{ch(K)}^+ + V_K^+ \sin \psi_K^+, \end{aligned} \quad (11)$$

де: $X_{ch(K)}^+ = X_{ch(K)} - \Delta \hat{X}_K$; $\psi_K^+ = \tilde{\psi}_K - \Delta \psi_l^S$;

$$Z_{ch(K)}^+ = Z_{ch(K)} - \Delta \hat{Z}_K; \quad V_K^+ = \tilde{V}_K (1 - \delta_{Vl}^S); \quad \delta_{Vl}^S = \delta_{Vl-1}^S + \hat{\delta}_{VK}^S; \quad \Delta \psi_l^S = \Delta \psi_{l-1}^S + \Delta \hat{\psi}_K^S;$$

$l=1,2,\dots$ – номер кроку введення зворотних зв'язків (корекції КШНС) через кожні L_0 кроків оновлення інформації ДСНС.

На такті введення корекції у алгоритм числення координат КШНС поправки у фільтрі обнуляються компоненти вектору оцінок помилок КШНС, а саме:

$$\Delta \hat{\tilde{X}}_K = (0, 0, 0, 0)^T. \quad (12)$$

Таким чином, оцінювання помилок скорегованої КШНС починається спочатку. Запропонованій послідовності виконання процедури розрахунку координат та кутів орієнтації БПМ відповідає інваріантна зі зворотними зв'язками по оцінках помилок курсошвидкісної підсистеми схема комплексної обробки навігаційної інформації (рис. 3).

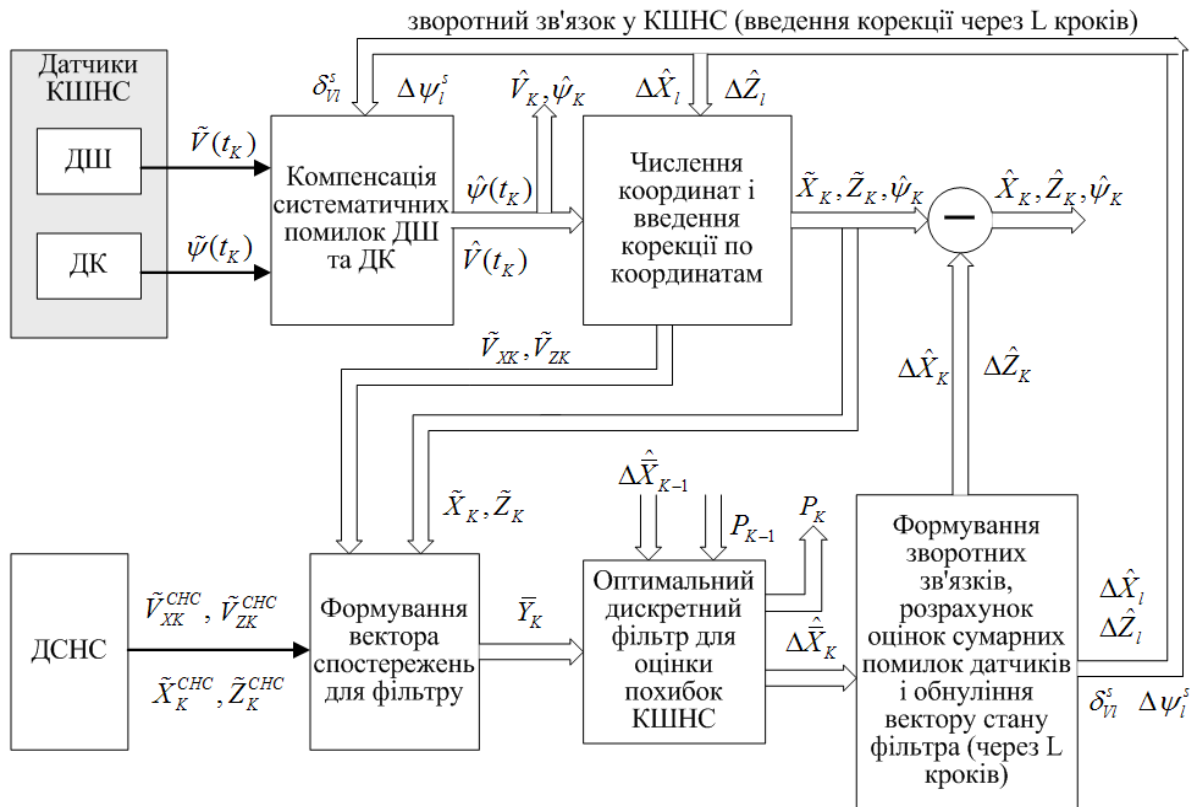


Рис. 3. Блок-схема інваріантної зі зворотними зв'язками комплексної обробки навігаційної інформації.

Для розрахунку компонент вектору $\Delta \hat{\tilde{X}}_K = (\Delta \hat{\tilde{X}}_K, \Delta \hat{\tilde{Z}}_K)^T$ оцінок помилок КШНС використовується інформація від ДСНС, яка поступає на блок формування вектора спостережень. На цей блок поступають також поточні розрахункові показники датчиків швидкості та курсу $\tilde{v}_k$ та $\tilde{\psi}_k$ і координат $\tilde{X}_k, \tilde{Z}_k$. Вектор спостережень $\bar{Y}_k$ має вигляд:

$$\bar{Y}_k = (\tilde{X}_k - \tilde{X}_k^{CHC}, \tilde{Z}_k - \tilde{Z}_k^{CHC}, \tilde{v}_{xk} - \tilde{v}_{xk}^{CHC}, \tilde{v}_{zk} - \tilde{v}_{zk}^{CHC})^T. \quad (13)$$

Компоненти вектора спостережень поступають на оптимальний дискретний фільтр для оцінки похибок КШНС. На виході з фільтра

коваріаційна матриця помилок оцінок P_K на K -у кроці запам'ятовується в стеку обчислювального комплексу і через один крок розрахунків подається на дискретний фільтр у стані P_{K-1} , а компоненти вектору помилок в фільтрі обнуляються. Вектор сумарних помилок датчиків $\Delta\hat{\tilde{X}}_K$ має компоненти:

$$\Delta\hat{\tilde{X}}_K = (\Delta\hat{X}_K, \Delta\hat{Z}_K, \hat{\delta}_{VK}, \Delta\hat{\psi}_K)^T. \quad (14)$$

Компоненти δ_{VI}^s та $\Delta\psi_l^s$ вектору $\Delta\hat{\tilde{X}}_K$ передаються на блок компенсації систематичних помилок датчиків швидкості та курсу КШНС, а $\Delta\hat{X}_l$ та $\Delta\hat{Z}_l$ – на блок числення координат.

В результаті проведення розрахунків за алгоритмом (13) і (14) отримуються скориговані значення кінематичних параметрів руху БПМ. Перевірка ефективності функціонування розробленої математичної моделі навігаційно-управляючого комплексу безпілотної польової машини відбувається шляхом проведення імітаційного моделювання. Таке моделювання дозволяє оцінити правильність формування рівняння спостережень, екстраполяції оцінки вектора похибок навігаційних підсистем, корекції оцінок вектору стану системи та матриці поправок тощо. Також з'являється можливість порівняння якості розрахунку навігаційної інформації для різних схем інтеграції підсистем і методик обробки навігаційної інформації, у тому числі і запропонованої неінваріантної компенсаційної схеми побудови навігаційно-управляючого комплексу. Алгоритм роботи блоку моделювання комплексної обробки навігаційної інформації представлено на (рис. 4).

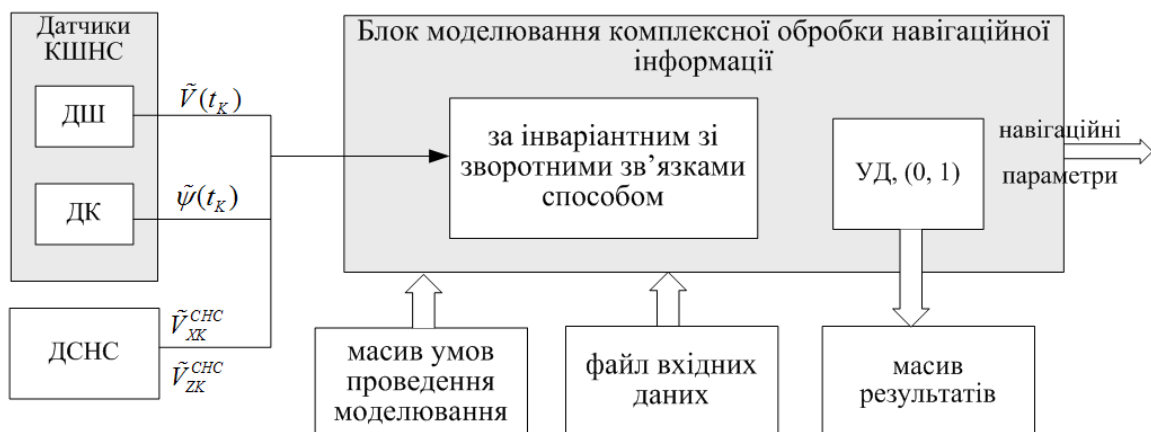


Рис. 4. Схема роботи блоку моделювання комплексної обробки навігаційної інформації.

При проведенні імітаційного моделювання було задано через масив умов і файл вхідних даних маршрут із заданою кількістю проміжних пунктів, швидкість руху машини (7 м/с при початковій

0 м/с), максимальний кут розвороту управляючих коліс, база машини, коефіцієнт бокового відхилення і ряд інших необхідних для функціонування БПМ параметрів.

Результати імітаційного моделювання проходження 10 проміжних пунктів маршруту показані на (рис. 5).

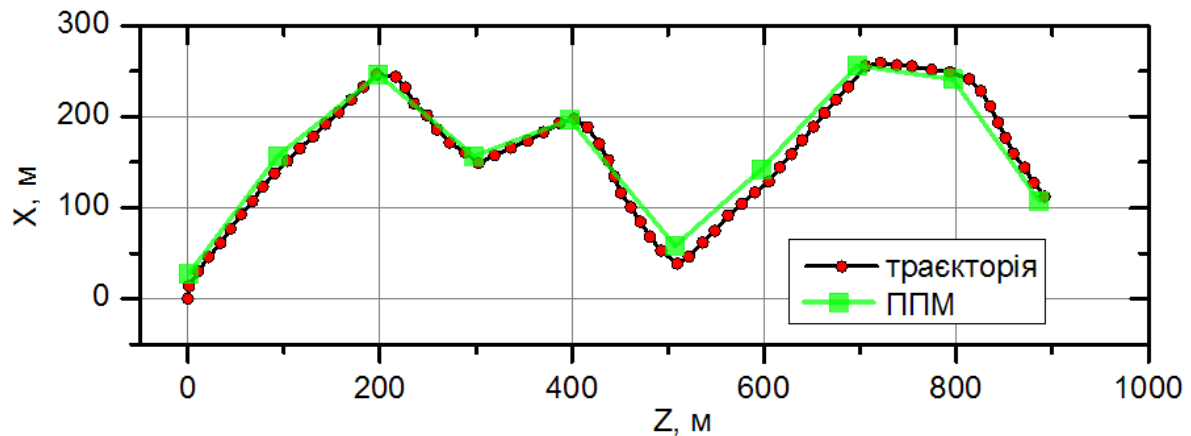


Рис. 5. Траєкторія руху БПМ при проходженні проміжних пунктів маршруту.

Як видно, сумісне використання КШНС та СНС дозволяє, з одного боку, обмежити зростання похибок КШНС і, з іншого боку, компенсувати шумову складову похибок СНС і, що важливо для надійної роботи навігаційного комплексу, підвищити темп видачі інформації бортовим споживачам.

Висновок. Величина середньоквадратичного відхилення координат фактичної траєкторії руху БПМ від заданої складала відповідно 3,6 м, що свідчить про високу якість функціонування навігаційного комплексу.

Список літератури

1. Степанов О. А. Состояние, перспективы развития и применения наземных систем навигации для подвижных объектов / О. А. Степанов // Гирология и навигация. – № 2 (49). – 2005. – С. 95–121.
2. Schmidt, G. T. INS/GPS Integration Architectures / Schmidt G. T., Phillips R. E. // Advances in Navigation Sensors and Integration Technology. RTO NATO Lecture. – Series N232. – 2004. – P. 130–138.
3. Соловьев, Ю. А. Спутниковая навигация и ее приложения / Ю. А. Соловьев. – М.: ЭКО-ТРЕНЗ, 2003. – 325 с.
4. Kalman, R. E. A new approach to linear filtering and prediction problems / Kalman, R. E. // Journal of Basic Engineering. – 82 (1). – 1960. – P. 35–45.
5. Лебедев Д. В. Информационно-алгоритмические аспекты управления подвижными объектами / Д. В. Лебедев, А. И. Ткаченко. – К.: Наукова думка, 2000. – 312 с.
6. Справочное пособие по теории автоматического регулирования и управления / Под ред. Е. А. Попова. – М.: Машиностроение, 1973. – 584 с.

7. Степанов О. А. Особенности построения и перспективы развития навигационных интегрированных инерциально-спутниковых систем / Под ред. В. Г. Пешехонова. – Санкт-Петербург: Наука, 2004. – 120 с.

References

1. Stepanov, O. A. (2005). Sostoyaniye, perspektivy razvitiya y primeneniya nazemnykh system navyhatsyy dlya podvyzhnykh obektov [Condition, prospects of development and application of ground-based navigation systems for mobile objects]. Gyroscopy and navigation, 2 (49), 95–121.
2. Schmidt, G. T., Phillips, R. E. (2004). INS/GPS Integration Architectures. Advances in Navigation Sensors and Integration Technology. RTO NATO Lecture, Series N232, 130–138.
3. Solov'ev, Yu. A. (2003). Sputnikovaya navyhatsyya y ee prylozheniyya [Satellite navigation and its applications]. M.: EKO-TRENT, 325.
4. Kalman, R. E. (1960). A new approach to linear filtering and prediction problems. Journal of Basic Engineering, 82 (1), 35–45.
5. Lebedev, D. V., Tkachenko, A. Y. (2000). Ynformatsyonno-alhorytmicheskiye aspekty upravleniyya podvyzhnyimi obektami [Information and algorithmic aspects of control of mobile objects]. K.: Naukova dumka, 312.
6. Popova, E. A. (1973). Spravochnoe posobie po teoryi avtomaticheskogo rehulyrovaniyya y upravleniyya [Handbook of the theory of automatic regulation and control] Pod red. M.: Mashynostroeniye, 584.
7. Stepanov, O. A. (2004). Osobennosti postroeniyya y perspektivy razvitiya navyhatsyonnykh yntehyrovannykh yntertsyal'no-sputnykovykh system [Features of construction and prospects of development of navigation integrated inertial-satellite systems]. Sankt-Peterburh: Nauka, 120.

СТРУКТУРА НАВИГАЦИОННОГО КОМПЛЕКСА БЕСПИЛОТНОЙ ПОЛЕВОЙ МАШИНЫ

Л. В. Анискевич, Ю. А. Росамаха

Аннотация. Проведено аналитическое описание системы автоматического управления режимом движения беспилотной полевой машины путем использования разомкнутого инвариантного способа комплексной обработки навигационной информации, который может быть применен для интегрированных комплексов на базе спутниковой и курсо-скоростной навигационных подсистем.

Проверка эффективности функционирования разработанной математической модели навигационно-управляющего комплекса беспилотной полевой машины происходит путем проведения имитационного моделирования. Такое моделирование позволяет оценить правильность формирования уравнения наблюдений, экстраполяции оценки вектора погрешностей навигационных подсистем, коррекции оценок вектора состояния системы и матрицы поправок и тому подобное. Также появляется возможность сравнения качества расчета навигационной информации для различных схем интеграции подсистем и

методик обработки навигационной информации, в том числе и предложенной неинвариантной компенсационной схемы построения навигационно-управляющего комплекса.

Ключевые слова: беспилотная полевая машина, навигационный комплекс, датчик скорости, датчик курса, навигационная информация

STRUCTURE OF NAVIGATION COMPLEX OF UNMANNED FIELD MACHINES

L. V. Aniskevich, Yu. O. Rosamaha

Abstract. *Analytical description of the system of automatic control of motion for the pilotless field machine is conducted by the use of the unlinked invariant method of complex treatment of navigation information, which can be applied for computer-integrated complexes on the base of satellite and course-speed navigation subsystems.*

Verification of efficiency of functioning of the developed mathematical model navigation and control complex field of unmanned machines is implemented by the simulation. This simulation allows to evaluate the correctness of the equations of observation, extrapolation of the estimates of the vector of errors of navigation subsystems, the correction of the estimates of the system state vector and the matrix of amendments and the like. Also it is possible to compare the quality of the calculation of the navigation information for different schemes of integration of subsystems and methods for processing navigation data, including the proposed advance compensation schemes for constructing navigation and control complex.

Key words: *unmanned field car, navigation system, speed sensor, rate sensor, navigation info*

УДК 531.32

АНАЛІЗ РІВНЯНЬ РУХУ МАТЕРІАЛЬНОЇ ЧАСТИНКИ ПО РАДІАЛЬНІЙ ЛОПАТЦІ ОБЕРТОВОГО БАРАБАНА

**Г. А. Голуб, доктор технічних наук
О. А. Марус, кандидат технічних наук
e-mail: gagolub@mail.ru**

Анотація. *Пристрої для перемішування на основі обертових барабанів знаходить все більше поширення при розробці біотехнологічних процесів ферментації, а тому підвищення*

© Г. А. Голуб, О. А. Марус, 2016

методик обработки навигационной информации, в том числе и предложенной неинвариантной компенсационной схемы построения навигационно-управляющего комплекса.

Ключевые слова: беспилотная полевая машина, навигационный комплекс, датчик скорости, датчик курса, навигационная информация

STRUCTURE OF NAVIGATION COMPLEX OF UNMANNED FIELD MACHINES

L. V. Aniskevich, Yu. O. Rosamaha

Abstract. *Analytical description of the system of automatic control of motion for the pilotless field machine is conducted by the use of the unlinked invariant method of complex treatment of navigation information, which can be applied for computer-integrated complexes on the base of satellite and course-speed navigation subsystems.*

Verification of efficiency of functioning of the developed mathematical model navigation and control complex field of unmanned machines is implemented by the simulation. This simulation allows to evaluate the correctness of the equations of observation, extrapolation of the estimates of the vector of errors of navigation subsystems, the correction of the estimates of the system state vector and the matrix of amendments and the like. Also it is possible to compare the quality of the calculation of the navigation information for different schemes of integration of subsystems and methods for processing navigation data, including the proposed advance compensation schemes for constructing navigation and control complex.

Key words: *unmanned field car, navigation system, speed sensor, rate sensor, navigation info*

УДК 531.32

АНАЛІЗ РІВНЯНЬ РУХУ МАТЕРІАЛЬНОЇ ЧАСТИНКИ ПО РАДІАЛЬНІЙ ЛОПАТЦІ ОБЕРТОВОГО БАРАБАНА

**Г. А. Голуб, доктор технічних наук
О. А. Марус, кандидат технічних наук
e-mail: gagolub@mail.ru**

Анотація. *Пристрої для перемішування на основі обертових барабанів знаходить все більше поширення при розробці біотехнологічних процесів ферментації, а тому підвищення*

© Г. А. Голуб, О. А. Марус, 2016

ефективності їх роботи шляхом обґрунтування методів визначення параметрів руху частинок по радіальній лопатці в обертовому барабані, які дозволять встановити раціональні значення кутової швидкості та конструктивні параметри обертових барабанів, потребує подальшого удосконалення.

Приведено розв'язок диференціальних рівнянь, що визначають параметри руху матеріальних частинок по радіальній лопатці при різних варіантах обертання барабана. Отримані рішення диференціальних рівнянь, що визначають параметри руху матеріальних частинок по радіальній лопатці при різних варіантах обертання барабана є ідентичними і відрізняються між собою лише початковими значеннями кутів повороту при зміщенні між горизонтальною та вертикальною осями на величину $\pi/2$.

Ключові слова: барабан, радіальна лопатка, рух частинки

Постановка проблеми. Пристрої для перемішування на основі обертових барабанів знаходять все більше поширення при розробці біотехнологічних процесів ферментації, а тому підвищення ефективності їх роботи шляхом обґрунтування методів визначення параметрів руху частинок по радіальній лопатці в обертовому барабані, які дозволять встановити раціональні значення кутової швидкості та конструктивні параметри обертових барабанів, потребує подальшого удосконалення.

Аналіз останніх досліджень. Основи аналізу руху матеріальних частинок по робочих органах з горизонтальною та вертикальною віссю обертання були закладені у відомій праці академіка П. М. Василенка [1]. Значний обсяг досліджень щодо визначення відносної швидкості руху матеріальної точки по робочих органах з горизонтальною віссю обертання був проведений також у роботах [2, 3, 4] з метою визначення параметрів робочих органів для розпушування компостів та внесення органічних добрив. Ці дослідження стосувалися аналізу руху матеріальних частинок по радіальних робочих органах в обмеженому секторі повороту барабана. Встановлено також [5], що диференціальні рівняння, які описують рух матеріальної частинки, що рухається по радіальних лопатках в обертовому барабані при його обертанні проти та за часовою стрілкою, а також при системах відліку кута повороту від горизонтальної та вертикальної вісі мають наступний вигляд:

$$m \frac{dv_R}{dt} = m \frac{d^2 r}{dt^2} = mrw^2 - 2fmw \frac{dr}{dt} - fmg \cos(B + wt) - mg \sin(B + wt); \quad (1)$$

$$m \frac{dv_R}{dt} = m \frac{d^2 r}{dt^2} = mrw^2 - 2fmw \frac{dr}{dt} + fmg \sin(B + wt) - mg \cos(B + wt); \quad (2)$$

$$m \frac{dv_R}{dt} = m \frac{d^2 r}{dt^2} = mrw^2 - 2fmw \frac{dr}{dt} + fmg \cos(B + wt) + mg \sin(B + wt); \quad (3)$$

$$m \frac{dv_R}{dt} = m \frac{d^2 r}{dt^2} = mrw^2 - 2fmw \frac{dr}{dt} - fmg \sin(B + wt) + mg \cos(B + wt), \quad (4)$$

де: m – маса частинки, кг; w – кутова швидкість обертання барабана, рад/с; r – поточний радіус положення частинки на лопатці, м; g – прискорення земного тяжіння, м/с²; f – коефіцієнт тертя матеріальної частинки по матеріалу лопатки, відн. од.; B – початковий кут повороту лопатки барабана, рад.; t – час повороту барабана, с; v_R – відносна швидкість руху частинки по лопатці, м/с; mrw^2 – відцентрова сила інерції, Н; $2mw \frac{dr}{dt}$ – коріолісова сила, Н; mg – сила тяжіння, Н.

Для узагальнення проведених досліджень доцільно отримати розв'язок основних рівнянь, які описують рух матеріальних частинок по радіальних лопатках обертового барабана та провести їх аналіз.

Мета досліджень. Отримати узагальнений розв'язок диференціальних рівнянь, які описують рух матеріальної частинки по радіальній лопатці обертового барабана при його обертанні проти та за часовою стрілкою, а також системах відліку кута повороту від горизонтальної та вертикальної вісі барабана.

Результати досліджень. Приведемо диференціальні рівняння (1)–(4), до наступного вигляду:

$$r'' + 2fwr' - w^2 r = -fg \cos(B + wt) - g \sin(B + wt); \quad (5)$$

$$r'' + 2fwr' - w^2 r = fg \sin(B + wt) - g \cos(B + wt); \quad (6)$$

$$r'' + 2fwr' - w^2 r = fg \sin(B + wt) + g \cos(B + wt); \quad (7)$$

$$r'' + 2fwr' - w^2 r = -fg \sin(B + wt) + g \cos(B + wt). \quad (8)$$

Дані рівняння є лінійними рівняннями другого порядку з постійними коефіцієнтами та правою частиною у вигляді тригонометричного поліному [6]. Загальновідомо, що відповідне їм однорідне диференціальне рівняння матиме вигляд:

$$r'' + 2fwr' - w^2 r = 0; \quad \lambda^2 + 2fw\lambda - w^2 = 0, \quad (9)$$

а його корені:

$$\lambda_1 = w(-f + \sqrt{f^2 + 1}); \quad \lambda_2 = w(-f - \sqrt{f^2 + 1}), \quad (10)$$

де: λ_1, λ_2 – корені характеристичного рівняння, с⁻¹.

Загальне рішення вище наведених диференціальних рівнянь виглядає [6]:

$$r = C_1 \exp(\lambda_1 t) + C_2 \exp(\lambda_2 t) + r_{cp}. \quad (11)$$

Часткове рішення вище наведених неоднорідних диференціальних рівнянь знаходимо у вигляді тригонометричного поліному [6]:

$$r_{cp} = M \cos(B + wt) + N \sin(B + wt), \quad (12)$$

де: $r_{\text{чр}}$ – часткове рішення вище наведених неоднорідних диференціальних рівнянь, м.

Підставивши часткове рішення, а також його першу $r'_{\text{чр}} = -M\omega \sin(B + wt) + N\omega \cos(B + wt)$ й другу похідну $r''_{\text{чр}} = -M\omega^2 \cos(B + wt) - N\omega^2 \sin(B + wt)$ у вихідні диференціальні рівняння, отримаємо:

$$\begin{aligned} & -M\omega^2 \cos(B + wt) - N\omega^2 \sin(B + wt) + 2fw(-M\omega \sin(B + wt) + N\omega \cos(B + wt)) - \\ & - w^2(M \cos(B + wt) + N \sin(B + wt)) = -fg \cos(B + wt) - g \sin(B + wt); \\ & -M\omega^2 \cos(B + wt) - N\omega^2 \sin(B + wt) + 2fw(-M\omega \sin(B + wt) + N\omega \cos(B + wt)) - \\ & - w^2(M \cos(B + wt) + N \sin(B + wt)) = fg \sin(B + wt) - g \cos(B + wt); \\ & -M\omega^2 \cos(B + wt) - N\omega^2 \sin(B + wt) + 2fw(-M\omega \sin(B + wt) + N\omega \cos(B + wt)) - \\ & - w^2(M \cos(B + wt) + N \sin(B + wt)) = fg \cos(B + wt) + g \sin(B + wt); \\ & -M\omega^2 \cos(B + wt) - N\omega^2 \sin(B + wt) + 2fw(-M\omega \sin(B + wt) + N\omega \cos(B + wt)) - \\ & - w^2(M \cos(B + wt) + N \sin(B + wt)) = -fg \sin(B + wt) + g \cos(B + wt), \end{aligned}$$

або

$$\begin{aligned} & -M\omega^2 \cos(B + wt) - N\omega^2 \sin(B + wt) - 2fw^2 M \sin(B + wt) + 2fw^2 N \cos(B + wt) - \\ & - w^2 M \cos(B + wt) - w^2 N \sin(B + wt) = -fg \cos(B + wt) - g \sin(B + wt); \\ & -M\omega^2 \cos(B + wt) - N\omega^2 \sin(B + wt) - 2fw^2 M \sin(B + wt) + 2fw^2 N \cos(B + wt) - \\ & - w^2 M \cos(B + wt) - w^2 N \sin(B + wt) = fg \sin(B + wt) - g \cos(B + wt); \\ & -M\omega^2 \cos(B + wt) - N\omega^2 \sin(B + wt) - 2fw^2 M \sin(B + wt) + 2fw^2 N \cos(B + wt) - \\ & - w^2 M \cos(B + wt) - w^2 N \sin(B + wt) = fg \cos(B + wt) + g \sin(B + wt); \\ & -M\omega^2 \cos(B + wt) - N\omega^2 \sin(B + wt) - 2fw^2 M \sin(B + wt) + 2fw^2 N \cos(B + wt) - \\ & - w^2 M \cos(B + wt) - w^2 N \sin(B + wt) = -fg \sin(B + wt) + g \cos(B + wt). \end{aligned}$$

Звідки, для кожного із диференціальних рівнянь маємо:

$$\begin{cases} -2M\omega^2 \cos(B + wt) + 2fw^2 N \cos(B + wt) = -fg \cos(B + wt) \\ -2N\omega^2 \sin(B + wt) - 2fw^2 M \sin(B + wt) = -g \sin(B + wt); \\ -2M\omega^2 \cos(B + wt) + 2fw^2 N \cos(B + wt) = -g \cos(B + wt) \\ -2N\omega^2 \sin(B + wt) - 2fw^2 M \sin(B + wt) = fg \sin(B + wt); \\ -2M\omega^2 \cos(B + wt) + 2fw^2 N \cos(B + wt) = fg \cos(B + wt) \\ -2N\omega^2 \sin(B + wt) - 2fw^2 M \sin(B + wt) = g \sin(B + wt); \\ -2M\omega^2 \cos(B + wt) + 2fw^2 N \cos(B + wt) = g \cos(B + wt) \\ -2N\omega^2 \sin(B + wt) - 2fw^2 M \sin(B + wt) = -fg \sin(B + wt). \end{cases}$$

Значення коефіцієнтів визначимо із наступних систем рівнянь:

$$\begin{cases} -2w^2 M + 2fw^2 N = -gf; \\ -2fw^2 M - 2w^2 N = -g \end{cases}; \quad (13)$$

$$\begin{cases} -2w^2M + 2fw^2N = -g, \\ -2fw^2M - 2w^2N = fg. \end{cases} \quad (14)$$

$$\begin{cases} -2w^2M + 2fw^2N = gf, \\ -2fw^2M - 2w^2N = g \end{cases} \quad (15)$$

$$\begin{cases} -2w^2M + 2fw^2N = g, \\ -2fw^2M - 2w^2N = -fg \end{cases} \quad (16)$$

Визначник яких становить:

$$\Delta = \begin{vmatrix} -2\omega^2 & 2f\omega^2 \\ -2f\omega^2 & -2\omega^2 \end{vmatrix} = 4\omega^4 + 4f^2\omega^4 = 4\omega^4(1 + f^2).$$

Значення коефіцієнтів для першого рівняння становитимуть:

$$N = \frac{\begin{vmatrix} -2\omega^2 & -gf \\ -2f\omega^2 & -g \end{vmatrix}}{\Delta} = \frac{2g\omega^2 - 2f^2g\omega^2}{4\omega^4(1 + f^2)} = \frac{2g\omega^2(1 - f^2)}{4\omega^4(1 + f^2)} = \frac{g(1 - f^2)}{2\omega^2(1 + f^2)};$$

$$M = \frac{\begin{vmatrix} -gf & 2f\omega^2 \\ -g & -2\omega^2 \end{vmatrix}}{\Delta} = \frac{2gf\omega^2 + 2fg\omega^2}{4\omega^4(1 + f^2)} = \frac{4gf\omega^2}{4\omega^4(1 + f^2)} = \frac{gf}{\omega^2(1 + f^2)}.$$

Для другого рівняння значення коефіцієнтів становитимуть:

$$N = \frac{\begin{vmatrix} -2\omega^2 & -g \\ -2f\omega^2 & gf \end{vmatrix}}{\Delta} = \frac{-2gf\omega^2 - 2fg\omega^2}{4\omega^4(1 + f^2)} = -\frac{4gf\omega^2}{4\omega^4(1 + f^2)} = -\frac{gf}{\omega^2(1 + f^2)};$$

$$M = \frac{\begin{vmatrix} -g & 2f\omega^2 \\ gf & -2\omega^2 \end{vmatrix}}{\Delta} = \frac{2g\omega^2 - 2f^2g\omega^2}{4\omega^4(1 + f^2)} = \frac{2g\omega^2(1 - f^2)}{4\omega^4(1 + f^2)} = \frac{g(1 - f^2)}{2\omega^2(1 + f^2)}.$$

Значення коефіцієнтів для третього рівняння становитимуть:

$$N = \frac{\begin{vmatrix} -2\omega^2 & gf \\ -2f\omega^2 & g \end{vmatrix}}{\Delta} = \frac{-2g\omega^2 + 2f^2g\omega^2}{4\omega^4(1 + f^2)} = -\frac{2g\omega^2(1 - f^2)}{4\omega^4(1 + f^2)} = -\frac{g(1 - f^2)}{2\omega^2(1 + f^2)};$$

$$M = \frac{\begin{vmatrix} gf & 2f\omega^2 \\ g & -2\omega^2 \end{vmatrix}}{\Delta} = \frac{-2gf\omega^2 - 2fg\omega^2}{4\omega^4(1 + f^2)} = -\frac{4gf\omega^2}{4\omega^4(1 + f^2)} = -\frac{gf}{\omega^2(1 + f^2)}.$$

Для четвертого рівняння значення коефіцієнтів становитимуть:

$$N = \frac{\begin{vmatrix} -2\omega^2 & g \\ -2f\omega^2 & -gf \end{vmatrix}}{\Delta} = \frac{2gf\omega^2 + 2fg\omega^2}{4\omega^4(1 + f^2)} = \frac{4gf\omega^2}{4\omega^4(1 + f^2)} = \frac{gf}{\omega^2(1 + f^2)};$$

$$M = \frac{\begin{vmatrix} g & 2f\omega^2 \\ -gf & -2\omega^2 \end{vmatrix}}{\Delta} = \frac{-2g\omega^2 + 2f^2g\omega^2}{4\omega^4(1+f^2)} = -\frac{2g\omega^2(1-f^2)}{4\omega^4(1+f^2)} = -\frac{g(1-f^2)}{2\omega^2(1+f^2)}.$$

Тоді часткові рішення вище наведених неоднорідних диференціальних рівнянь матимуть вигляд:

$$r_{\text{чр}} = \frac{gf}{w^2(1+f^2)} \cos(B+wt) + \frac{g(1-f^2)}{2w^2(1+f^2)} \sin(B+wt); \quad (17)$$

$$r_{\text{чр}} = \frac{g(1-f^2)}{2w^2(1+f^2)} \cos(B+wt) - \frac{gf}{w^2(1+f^2)} \sin(B+wt); \quad (18)$$

$$r_{\text{чр}} = -\frac{gf}{w^2(1+f^2)} \cos(B+wt) - \frac{g(1-f^2)}{2w^2(1+f^2)} \sin(B+wt); \quad (19)$$

$$r_{\text{чр}} = -\frac{g(1-f^2)}{2w^2(1+f^2)} \cos(B+wt) + \frac{gf}{w^2(1+f^2)} \sin(B+wt). \quad (20)$$

Для часткових рішень рівнянь (17) та (19) можна записати:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{gf2w^2(1+f^2)}{w^2(1+f^2)g(1-f^2)} = \frac{2f}{1-f^2}; \quad \varphi = \operatorname{arctg} \frac{2f}{1-f^2}.$$

Аналогічно, для часткових рішень рівнянь (18) та (20):

$$\operatorname{tg} \varphi = -\frac{g(1-f^2)w^2(1+f^2)}{2w^2(1+f^2)gf} = -\frac{1-f^2}{2f}; \quad \varphi = -\operatorname{arctg} \frac{1-f^2}{2f}.$$

Для всіх чотирьох часткових рішень рівнянь можна записати:

$$\begin{aligned} c &= \sqrt{\frac{g^2 f^2}{w^4(1+f^2)^2} + \frac{g^2(1-f^2)^2}{4w^4(1+f^2)^2}} = \sqrt{\frac{4g^2 f^2 + g^2(1-f^2)^2}{4w^4(1+f^2)^2}} = \\ &= \sqrt{\frac{4g^2 f^2 + g^2 - 2g^2 f^2 + g^2 f^4}{4w^4(1+f^2)^2}} = \sqrt{\frac{g^2(1+f^2)^2}{4w^4(1+f^2)^2}} = \frac{g}{2w^2}. \end{aligned}$$

Тоді повні рішення неоднорідних диференціальних рівнянь (1) та (3), як сума загального (11) та часткового (17) та (19) рішень матимуть вигляд:

$$r = C_1 \exp(\lambda_1 t) + C_2 \exp(\lambda_2 t) + \frac{g}{2w^2} \sin\left(B + wt + \operatorname{arctg} \frac{2f}{1-f^2}\right). \quad (21)$$

Повні рішення неоднорідних диференціальних рівнянь (2) та (4), як сума загального (11) та часткового (18) та (20) рішень матимуть вигляд:

$$r = C_1 \exp(\lambda_1 t) + C_2 \exp(\lambda_2 t) + \frac{g}{2w^2} \sin\left(B + wt - \operatorname{arctg} \frac{1-f^2}{2f}\right). \quad (22)$$

Відносна швидкість руху частинки по лопатці при рішеннях неоднорідного диференціального рівняння (21) та (22) становитиме:

$$v_R = \frac{dr}{dt} = \lambda_1 C_1 \exp(\lambda_1 t) + \lambda_2 C_2 \exp(\lambda_2 t) + \frac{g}{2w} \cos\left(B + wt + \arctg \frac{2f}{1-f^2}\right); \quad (23)$$

$$v_R = \frac{dr}{dt} = \lambda_1 C_1 \exp(\lambda_1 t) + \lambda_2 C_2 \exp(\lambda_2 t) + \frac{g}{2w} \cos\left(B + wt - \arctg \frac{1-f^2}{2f}\right). \quad (24)$$

Прийнявши, що матеріальна частинка рухатися по поверхні лопатки до периферії барабана, а тому в початковий момент її відносна швидкість дорівнюватиме нулю, а сама частинка буде знаходитися на деякій відстані від центру барабана. Враховуючи такі початкові умови:

$$t = 0; \quad r = R_{II}; \quad v_R = v_{RII} = 0, \quad (25)$$

система рівнянь для визначення постійних величин диференціальних рівнянь (1) та (3) буде мати вигляд:

$$\begin{cases} C_1 + C_2 = R_{II} - \frac{g}{2w^2} \sin\left(B + \arctg \frac{2f}{1-f^2}\right) \\ \lambda_1 C_1 + \lambda_2 C_2 = -\frac{g}{2w} \cos\left(B + \arctg \frac{2f}{1-f^2}\right) \end{cases}, \quad (26)$$

а система рівнянь для визначення постійних величин диференціальних рівнянь (2) та (4) буде мати наступний вигляд

$$\begin{cases} C_1 + C_2 = R_{II} - \frac{g}{2w^2} \sin\left(B - \arctg \frac{1-f^2}{2f}\right) \\ \lambda_1 C_1 + \lambda_2 C_2 = -\frac{g}{2w} \cos\left(B - \arctg \frac{1-f^2}{2f}\right) \end{cases}. \quad (27)$$

Визначник даних систем рівнянь становить:

$$\Delta = \begin{vmatrix} 1 & 1 \\ \lambda_1 & \lambda_2 \end{vmatrix} = \lambda_2 - \lambda_1.$$

Значення постійних величин диференціальних рівнянь (1) та (3) становитимуть:

$$C_1 = \frac{\begin{vmatrix} R_{II} - \frac{g}{2w^2} \sin\left(B + \arctg \frac{2f}{1-f^2}\right) & 1 \\ -\frac{g}{2w} \cos\left(B + \arctg \frac{2f}{1-f^2}\right) & \lambda_2 \end{vmatrix}}{\Delta} = \frac{\lambda_2 R_{II} - \frac{\lambda_2 g}{2w^2} \sin\left(B + \arctg \frac{2f}{1-f^2}\right)}{\lambda_2 - \lambda_1} + \frac{\frac{g}{2w} \cos\left(B + \arctg \frac{2f}{1-f^2}\right)}{\lambda_2 - \lambda_1};$$

$$C_2 = \frac{\begin{vmatrix} 1 & R_{II} - \frac{g}{2w^2} \sin\left(B + \operatorname{arctg} \frac{2f}{1-f^2}\right) \\ \lambda_1 & -\frac{g}{2w} \cos\left(B + \operatorname{arctg} \frac{2f}{1-f^2}\right) \end{vmatrix}}{\Delta} = \frac{-\frac{g}{2w} \cos\left(B + \operatorname{arctg} \frac{2f}{1-f^2}\right)}{\lambda_2 - \lambda_1} -$$

$$-\frac{\lambda_1 R_{II} - \frac{\lambda_1 g}{2w^2} \sin\left(B + \operatorname{arctg} \frac{2f}{1-f^2}\right)}{\lambda_2 - \lambda_1}.$$

або

$$C_1 = \frac{\lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1} \left[R_{II} - \frac{g}{2w^2} \sin\left(B + \operatorname{arctg} \frac{2f}{1-f^2}\right) + \frac{g}{2w\lambda_2} \cos\left(B + \operatorname{arctg} \frac{2f}{1-f^2}\right) \right];$$

$$C_2 = \frac{\lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_1} \left[\frac{g}{2w^2} \sin\left(B + \operatorname{arctg} \frac{2f}{1-f^2}\right) - \frac{g}{2w\lambda_1} \cos\left(B + \operatorname{arctg} \frac{2f}{1-f^2}\right) - R_{II} \right].$$

Значення постійних величин диференціальних рівнянь (2) та (4) становитимуть:

$$C_1 = \frac{\begin{vmatrix} R_{II} - \frac{g}{2w^2} \sin\left(B - \operatorname{arctg} \frac{1-f^2}{2f}\right) & 1 \\ -\frac{g}{2w} \cos\left(B - \operatorname{arctg} \frac{1-f^2}{2f}\right) & \lambda_2 \end{vmatrix}}{\Delta} = \frac{\lambda_2 R_{II} - \frac{\lambda_2 g}{2w^2} \sin\left(B - \operatorname{arctg} \frac{1-f^2}{2f}\right)}{\lambda_2 - \lambda_1} +$$

$$+ \frac{\frac{g}{2w} \cos\left(B - \operatorname{arctg} \frac{1-f^2}{2f}\right)}{\lambda_2 - \lambda_1};$$

$$C_2 = \frac{\begin{vmatrix} 1 & R_{II} - \frac{g}{2w^2} \sin\left(B - \operatorname{arctg} \frac{1-f^2}{2f}\right) \\ \lambda_1 & -\frac{g}{2w} \cos\left(B - \operatorname{arctg} \frac{1-f^2}{2f}\right) \end{vmatrix}}{\Delta} = \frac{-\frac{g}{2w} \cos\left(B - \operatorname{arctg} \frac{1-f^2}{2f}\right)}{\lambda_2 - \lambda_1} -$$

$$-\frac{\lambda_1 R_{II} - \frac{\lambda_1 g}{2w^2} \sin\left(B - \operatorname{arctg} \frac{1-f^2}{2f}\right)}{\lambda_2 - \lambda_1}.$$

або

$$C_1 = \frac{\lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1} \left[R_{II} - \frac{g}{2w^2} \sin\left(B - \operatorname{arctg} \frac{1-f^2}{2f}\right) + \frac{g}{2w\lambda_2} \cos\left(B - \operatorname{arctg} \frac{1-f^2}{2f}\right) \right];$$

$$C_2 = \frac{\lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_1} \left[\frac{g}{2w^2} \sin \left(B - \operatorname{arctg} \frac{1-f^2}{2f} \right) - \frac{g}{2w\lambda_1} \cos \left(B - \operatorname{arctg} \frac{1-f^2}{2f} \right) - R_{II} \right].$$

Для значень постійних величин диференційних рівнянь можна записати:

$$\operatorname{tg} \varphi_1 = \frac{g}{2w\lambda_2} : \left(-\frac{g}{2w^2} \right) = -\frac{g2w^2}{2w\lambda_2 g} = -\frac{w}{\lambda_2}; \quad \operatorname{tg} \varphi_2 = -\frac{g}{2w\lambda_1} : \frac{g}{2w^2} = -\frac{g2w^2}{2w\lambda_1 g} = -\frac{w}{\lambda_1}$$

$$\varphi_1 = -\operatorname{arctg} \frac{w}{\lambda_2}; \quad \varphi_2 = -\operatorname{arctg} \frac{w}{\lambda_1}$$

$$c_1 = \sqrt{\frac{g^2}{4w^4} + \frac{g^2}{4w^2\lambda_2^2}} = \sqrt{\frac{g^2\lambda_2^2 + g^2w^2}{4w^4\lambda_2^2}} = \sqrt{\frac{g^2(\lambda_2^2 + w^2)}{4w^4\lambda_2^2}} = \frac{g}{2w^2} \sqrt{1 + \frac{w^2}{\lambda_2^2}};$$

$$c_2 = \sqrt{\frac{g^2}{4w^4} + \frac{g^2}{4w^2\lambda_1^2}} = \sqrt{\frac{g^2\lambda_1^2 + g^2w^2}{4w^4\lambda_1^2}} = \sqrt{\frac{g^2(\lambda_1^2 + w^2)}{4w^4\lambda_1^2}} = \frac{g}{2w^2} \sqrt{1 + \frac{w^2}{\lambda_1^2}}.$$

З урахуванням цього, значення постійних величин диференційних рівнянь (1) та (3) матимуть значення:

$$C_1 = \frac{\lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1} \left[R_{II} - \frac{g}{2w^2} \sqrt{1 + \frac{w^2}{\lambda_2^2}} \sin \left(B + \operatorname{arctg} \frac{2f}{1-f^2} - \operatorname{arctg} \frac{w}{\lambda_2} \right) \right]; \quad (28)$$

$$C_2 = \frac{\lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_1} \left[\frac{g}{2w^2} \sqrt{1 + \frac{w^2}{\lambda_1^2}} \sin \left(B + \operatorname{arctg} \frac{2f}{1-f^2} - \operatorname{arctg} \frac{w}{\lambda_1} \right) - R_{II} \right].$$

Для диференційних рівнянь (2) та (4) значення постійних величин становитимуть:

$$C_1 = \frac{\lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1} \left[R_{II} - \frac{g}{2w^2} \sqrt{1 + \frac{w^2}{\lambda_2^2}} \sin \left(B - \operatorname{arctg} \frac{1-f^2}{2f} - \operatorname{arctg} \frac{w}{\lambda_2} \right) \right]; \quad (29)$$

$$C_2 = \frac{\lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_1} \left[\frac{g}{2w^2} \sqrt{1 + \frac{w^2}{\lambda_1^2}} \sin \left(B - \operatorname{arctg} \frac{1-f^2}{2f} - \operatorname{arctg} \frac{w}{\lambda_1} \right) - R_{II} \right].$$

Отримані рішення диференційних рівнянь відрізняються між собою видом значення синуса кута в повних рішеннях неоднорідного диференційного рівняння та в значеннях постійних величин диференційного рівняння. Порівняємо значення синусів кута в повних рішеннях неоднорідного диференційного рівняння та в значеннях постійних величин диференційного рівняння з урахуванням того, що початкові значення кутів повороту мають зміщення на величину $\pi/2$ одне відносно другого:

$$\sin \left(B + \operatorname{arctg} \frac{2f}{1-f^2} - \operatorname{arctg} \frac{w}{\lambda_2} \right) = \sin \left(B + \frac{\pi}{2} - \operatorname{arctg} \frac{1-f^2}{2f} - \operatorname{arctg} \frac{w}{\lambda_2} \right),$$

або $\operatorname{arctg} \frac{2f}{1-f^2} = \frac{\pi}{2} - \operatorname{arctg} \frac{1-f^2}{2f}.$

Виконавши перетворення одержимо:

$$\operatorname{tg}\left(\operatorname{arctg}\frac{2f}{1-f^2}\right) = \operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{2} - \operatorname{arctg}\frac{1-f^2}{2f}\right); \quad \frac{2f}{1-f^2} = \frac{\sin\left(\frac{\pi}{2} - \operatorname{arctg}\frac{1-f^2}{2f}\right)}{\cos\left(\frac{\pi}{2} - \operatorname{arctg}\frac{1-f^2}{2f}\right)}.$$

У кінцевому підсумку маємо:

$$\frac{2f}{1-f^2} = \frac{\cos\left(\operatorname{arctg}\frac{1-f^2}{2f}\right)}{\sin\left(\operatorname{arctg}\frac{1-f^2}{2f}\right)} = \operatorname{ctg}\left(\operatorname{arctg}\frac{1-f^2}{2f}\right) = \frac{1}{\operatorname{tg}\left(\operatorname{arctg}\frac{1-f^2}{2f}\right)} = \frac{2f}{1-f^2}.$$

Висновок. Отримані рішення диференційних рівнянь, що визначають параметри руху матеріальних частинок по радіальній лопатці при різних варіантах обертання барабана є ідентичними і відрізняються між собою лише початковими значеннями кутів повороту при зміщенні між горизонтальною та вертикальною осями на величину $\pi/2$.

Список літератури

1. Василенко П. М. Теория движения частицы по шероховатым поверхностям сельскохозяйственных машин / П. М. Василенко. – К.: УАСХН, 1960. – 284 с.
2. Марченко Н. М. Механизация внесения органических удобрений / Н. М. Марченко, Г. И. Личман, А. Е. Шебалкин. – М.: ВО «Агропромиздат», 1990. – 207 с.
3. Якубаускас В. И. Технологические основы механизированного внесения удобрений / В. И. Якубаускас. – М.: Колос, 1973. – 231 с.
4. Голуб Г. А. Агропромислове виробництво їстівних грибів. Механіко-технологічні основи / Г. А. Голуб. – К.: Аграрна наука, 2007. – 332 с.
5. Голуб Г. А. Механіка руху частинки по радіальній лопатці обертового барабана / Г. А. Голуб, О. А. Марус // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – К., 2016. – Вип. 241. – 396 с. – С. 350–358.
6. Выгодский М. Я. Справочник по высшей математике. – 4-е издание, стереотипное / М. Я. Выгодский. – М.: Госиздат, 1959. – 783 с.

References

1. Vasylenko, P. M. (1960). Teoryya dvyzheniya chastytsy po sherokhovatym poverkhnostyam sel'skokhozyaystvennykh mashyn [The theory of the motion of particles on rough surfaces agricultural machines]. K.: UASKhN, 284.
2. Marchenko, N. M., Lychman, H. Y., Shebalkyn, A. E. (1990). Mekhanyzatsyya vnesenyya orhanycheskykh udobrenyy [Mechanization of the application of organic fertilizers]. M.: VO "Ahropromyzdat", 207.
3. Yakubauskas, V. Y. (1973). Tekhnolohycheskye osnovy mekhanyzyrovannoho vnesenyya udobrenyy [Technological bases of the mechanized fertilizer]. M.: Kolos, 231.

4. Holub, H. A. (2007). Ahropromyslove vyrobnytstvo yistivnykh hrybiv. Mekhaniko-tekhnologichni osnovy [Agro-industrial production of edible mushrooms. Mechanical-technological basis]. K.: Ahrarna nauka, 332.
5. Holub, H. A., Marus, O. A. (2016). Mekhanika rukhu chastynky po radial'niy lopattsi obertovoho barabana [The mechanics of the motion of the particle in the radial shoulder of the rotating drum]. Naukovyy visnyk Natsional'noho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannya Ukrainy. Seriya: tekhnika ta enerhetyka APK. K., Vyp. 241, 396, 350–358.
6. Vyhodskyy, M. Ya. (1959). Spravochnyk po vysshey matematyke [Handbook of higher mathematics]. 4-e yzdanye, stereotypnoe. M.: Hosyzdat, 783.

АНАЛИЗ УРАВНЕНИЙ ДВИЖЕНИЯ МАТЕРИАЛЬНОЙ ЧАСТИЦЫ ПО РАДИАЛЬНОЙ ЛОПАТКЕ ВРАЩАЮЩЕГОСЯ БАРАБАНА

Г. А. Голуб, О. А. Марус

Аннотация. Проведено решение дифференциальных уравнений, которые определяют параметры центробежного движения материальных частиц по радиальной лопатке при различных вариантах вращения барабана.

Устройства для перемешивания на основе вращающихся барабанов находят все большее распространение при разработке биотехнологических процессов ферментации, а потому повышение эффективности их работы путем обоснования методов определения параметров движения частиц по радиальной лопатке во вращающемся барабане, которые позволят установить рациональные значения угловой скорости и конструктивные параметры вращающихся барабанов, требует дальнейшего совершенствования.

Приведено решение дифференциальных уравнений, определяющих параметры движения материальных частиц по радиальной лопатке при различных вариантах вращения барабана.

Полученные решения дифференциальных уравнений, определяющих параметры движения материальных частиц по радиальной лопатке при различных вариантах вращения барабана являются идентичными и отличаются между собой лишь начальными значениями углов поворота при смещении между горизонтальной и вертикальной осями на величину $\pi/2$.

Ключевые слова: барабан, радиальная лопатка, движение частицы

ANALYSIS OF EQUATIONS OF MOTION OF MATERIAL PARTICLES ON RADIAL SHOULDER OF ROTATING DRUM

G. A. Golub, O. A. Marus

Abstract. The solutions of differential equations that define the centrifugal movement of material particles on radial blade variants with different drum are specified.

Device for mixing based on the spinning reels finds more and more acceptance in the development of biotechnological fermentation processes, and therefore improving the efficiency of their work by justifying the methods of determining the parameters of the particle motion in the radial blade in a rotating drum, which will allow you to set rational values of angular velocity and structural parameters of spinning reels, requires further improvement.

Given the solution of the differential equations that determine the parameters of motion of material particles in the radial blade with different variants of drum rotation.

The obtained solution of the differential equations that determine the parameters of motion of material particles in the radial blade with different variants of rotation of the drum are identical and differ only the initial values of the rotation angles of the displacement between the horizontal and vertical axes at $\pi/2$.

Key words: *drum, radial blade, movement of particles*

УДК 621.87

МІНІМІЗАЦІЯ ДИНАМІЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ В МЕХАНІЗМІ ПІДЙОМУ ВАНТАЖОПІДЙОМНИХ МАШИН

В. С. Ловейкін, доктор технічних наук
Ю. В. Човнюк, кандидат технічних наук
І. О. Кадикало, аспірант*
e-mail: lovvs@ukr.net

Анотація. Розглянутий вплив різних умов підйому вантажу («з ваги», «з підхватом») і жорсткостей канату (абсолютно жорсткий і пружний) на величину динамічних навантажень у пружних елементах. Задля зменшення цих навантажень (зокрема, коефіцієнту динамічності) запропонований вибір необхідних режимів руху приводних механізмів на ділянках перехідних процесів. На прикладі механізму підйому вантажу кранами (двомасова модель) проведена динамічна оптимізація (мінімізація) вказаних навантажень у вантажних канатах.

Проведений всебічний аналіз впливу умов підйому вантажу «з ваги» і жорсткостей канату (абсолютно жорсткий/пружний) на величину коефіцієнта динамічних навантажень у пружних елементах (канатах) вантажопідйомних механізмів кранів.

Запропоновані й обґрунтовані необхідні режими руху механізму підйому вантажу крана (у межах двомасової моделі), які

*Науковий керівник – доктор технічних наук В. С. Ловейкін

© В. С. Ловейкін, Ю. В. Човнюк, І. О. Кадикало, 2016

Device for mixing based on the spinning reels finds more and more acceptance in the development of biotechnological fermentation processes, and therefore improving the efficiency of their work by justifying the methods of determining the parameters of the particle motion in the radial blade in a rotating drum, which will allow you to set rational values of angular velocity and structural parameters of spinning reels, requires further improvement.

Given the solution of the differential equations that determine the parameters of motion of material particles in the radial blade with different variants of drum rotation.

The obtained solution of the differential equations that determine the parameters of motion of material particles in the radial blade with different variants of rotation of the drum are identical and differ only the initial values of the rotation angles of the displacement between the horizontal and vertical axes at $\pi/2$.

Key words: drum, radial blade, movement of particles

УДК 621.87

МІНІМІЗАЦІЯ ДИНАМІЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ В МЕХАНІЗМІ ПІДЙОМУ ВАНТАЖОПІДЙОМНИХ МАШИН

**В. С. Ловейкін, доктор технічних наук
Ю. В. Човнюк, кандидат технічних наук
І. О. Кадикало, аспірант*
e-mail: lovvs@ukr.net**

Анотація. Розглянутий вплив різних умов підйому вантажу («з ваги», «з підхватом») і жорсткостей канату (абсолютно жорсткий і пружний) на величину динамічних навантажень у пружних елементах. Задля зменшення цих навантажень (зокрема, коефіцієнту динамічності) запропонований вибір необхідних режимів руху приводних механізмів на ділянках перехідних процесів. На прикладі механізму підйому вантажу кранами (двомасова модель) проведена динамічна оптимізація (мінімізація) вказаних навантажень у вантажних канатах.

Проведений всебічний аналіз впливу умов підйому вантажу «з ваги» і жорсткостей канату (абсолютно жорсткий/пружний) на величину коефіцієнта динамічних навантажень у пружних елементах (канатах) вантажопідйомних механізмів кранів.

Запропоновані й обґрунтовані необхідні режими руху механізму підйому вантажу крана (у межах двомасової моделі), які

*Науковий керівник – доктор технічних наук В. С. Ловейкін

© В. С. Ловейкін, Ю. В. Човнюк, І. О. Кадикало, 2016

мінімізують коефіцієнт динамічних навантажень у вантажних канатах вантажопідйомних машин при підйомі вантажу «з ваги».

Отримані у роботі результати можуть у подальшому бути використані при вдосконаленні й уточненні інженерних методів розрахунку вантажопідйомних механізмів кранів як на стадіях їх проектування/конструювання, так і у режимах їх реальної експлуатації.

Ключові слова: *динамічна оптимізація, мінімізація, навантаження, пружні елементи, вантажопідйомні машини, умови підйому, жорсткість канату*

Постановка проблеми. Відомо, що продуктивність і надійність вантажопідйомних машин, а також точність виконання ними, зокрема, розвантажувальних, навантажувальних, транспортних і монтажних операцій суттєвим чином залежать від динамічних навантажень у пружних елементах гнучких робочих органів, приводу й металоконструкції. Перш за все, величини цих навантажень залежать від ділянки руху вантажопідйомної машини або її механізму. Найбільші динамічні навантаження виникають на ділянках перехідних процесів (пуск, гальмування, реверсування руху).

Аналіз останніх досліджень. Автор [1] показав, що під час гальмування у процесі спуску вантажу коефіцієнт динамічності (K_d) в пружних елементах кранових механізмів досягає величини 2,5 й більше. Як показують дослідження різних авторів [1, 2], динамічні навантаження, визначені в пружному елементі за допомогою двомасової моделі, на 5–10% відрізняються від дійсних динамічних навантажень. Оскільки у цих роботах виявляється вплив різних режимів руху на величину динамічних навантажень, а не визначаються самі навантаження, то використання двомасової моделі є виправданим. Якщо ж виникне потреба визначення більш точного впливу режиму руху на динамічні навантаження в пружному елементі кранового механізму або конструкції, то можуть бути використані моделі з більшою кількістю мас. Так, наприклад, тримасова динамічна модель дає точність визначення динамічних навантажень у межах 2...3% [1]. Однак моделі з меншою кількістю мас дають можливість значно спростити математичні викладки і отримати розв'язки в аналітичній формі.

У роботах [3, 4] зазначено, що одним з шляхів зменшення динамічних навантажень у пружних елементах вантажопідйомних машин є вибір необхідних режимів руху приводних механізмів на ділянках перехідних процесів. Вплив різних режимів руху у вказаних роботах на динамічні навантаження у пружних елементах вантажопідйомних машин розглянутий на прикладі механізму

підйому вантажу у межах двомасової моделі без врахування затухання коливань, оскільки в кранових механізмах і конструкціях воно здійснюється протягом значного проміжку часу [1].

Автори [5] розглядають кілька еквівалентних схем для розрахунку параметрів руху й натягу у канатах підйомного механізму при підйомі вантажу («з ваги» абсолютно жорстким канатом, «з ваги» пружним канатом, «з підхватом»). Проте, автори [5] не мінімізують динамічні навантаження у канатах вантажопідйомного механізму, а лише визначають власне вказані навантаження.

На думку авторів даного дослідження, динамічна оптимізація (мінімізація) навантажень в пружних елементах вантажопідйомних машин повинна проводитись для певних режимів руху приводних механізмів на ділянках перехідних процесів, як це зроблено у [3, 4], й водночас враховувати конкретні схеми канатного механізму підйому вантажу («з ваги», «з підхватом») і його (канату) жорсткість (абсолютно жорсткий чи пружний).

Мета досліджень полягає у обґрунтуванні оптимального режиму руху механізму підйому вантажу краном, за якого у приводних механізмах на ділянках перехідних процесів з урахуванням схеми канатного механізму підйому вантажу («з ваги», «з підхватом») та пружності канату діють мінімальні динамічні навантаження. Для реалізації мети роботи використані підходи робіт у [3–5] та методи класичного варіаційного числення.

Результати досліджень. Для проведення досліджень використано математичні моделі для схем канатного механізму підйому вантажу, які відповідають різним умовам підйому й різним жорсткостям вантажного канату. На рис. 1 [5] наведені схеми канатного механізму підйому вантажу, які відповідають різним умовам підйому й різним жорсткостям вантажного канату. Зокрема, на рис. 1,а й рис. 1,б зображені схеми підйому вантажу «з ваги», коли вантаж у момент, що передує початку руху (тобто при $t=0$) висить на канаті. Але у першому випадку (рис. 1,а) жорсткість каната досить велика і його можна вважати абсолютно жорстким; у другому (рис. 1,б) – жорсткість канату менше, і він вважається пружним зв'язком. На рис. 1,в, зображена схема, яка відповідає підйому вантажу «з підхватом», коли у початковий момент часу вантаж лежить на деякій основі (наприклад, на землі) й вантажний канат послаблений; на еквівалентній схемі (рис. 1,г) слабина канату імітується відповідним зазором Δ у пружному зв'язку.

1. Розглянемо перший із вказаних вище випадків (рис. 1,а – підйом вантажу «з ваги» абсолютно жорстким канатом).

Застосовуючи принцип Д'Аламбера, складемо за схемою, зображеною на рис. 1, а рівняння динаміки системи:

$$\begin{cases} m_1 \ddot{s} = P_{\text{надл}}(t) + Q; \\ m_2 \ddot{s} = -Q, \end{cases} \quad (1)$$

де: m_1, m_2 – приведені маси приводу й вантажу, відповідно; s – переміщення вантажу; $Q = m_2 g$ – вага вантажу ($g = 9,81 \text{ м/с}^2$ – прискорення вільного падіння); $P_{\text{надл}}(t) = P_p(t) - Q$ – надлишкове зусилля приводу.

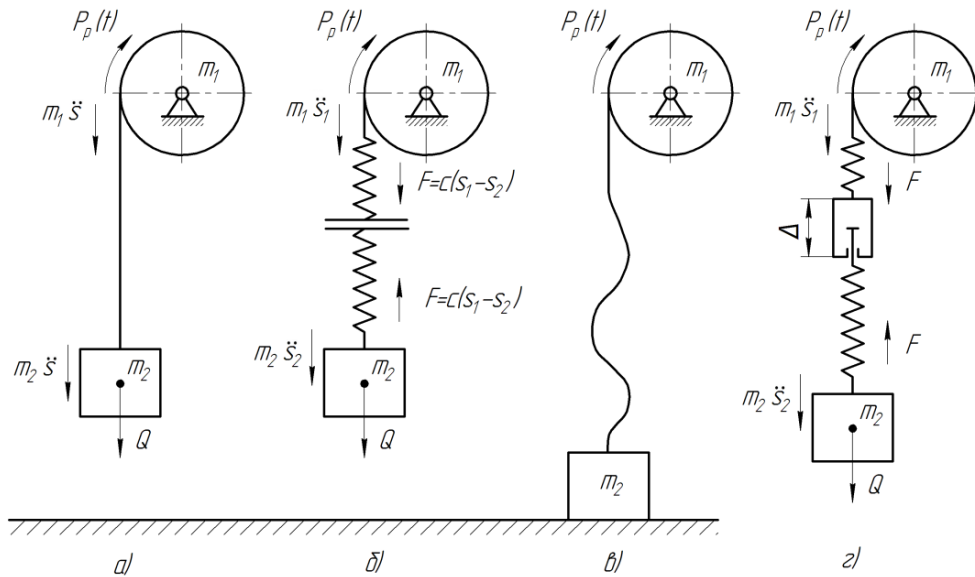


Рис. 1. Еквівалентні схеми для розрахунку параметрів руху та натягу у канаті підйомного механізму при підйомі вантажу: а) – «з ваги» абсолютно жорстким канатом; б) – «з ваги» пружним канатом; в), г) – «з підхватом» пружним канатом.

Після перетворення маємо замість (1):

$$(m_1 + m_2) \cdot \ddot{s} = P_{\text{надл}}(t) \leftrightarrow \ddot{s} = \frac{P_{\text{надл}}(t)}{(m_1 + m_2)}. \quad (2)$$

Динамічне зусилля, яке діє на канат у цьому випадку при підйомі вантажу, має вид:

$$F(t) = m_2 \cdot \ddot{s} + Q = m_2 \cdot \ddot{s} + m_2 \cdot g. \quad (3)$$

Коефіцієнт динамічності для цього варіанту (схеми) підйому вантажу обчислюємо за формулою:

$$K_{\partial}(t) = \frac{F(t)}{m_2 g} = \frac{m_2 \ddot{s} + m_2 g}{m_2 g} = 1 + \frac{\ddot{s}(t)}{g}. \quad (4)$$

2. При врахуванні пружності канату (рис. 1,б) рух механічної системи описується наступною системою диференціальних рівнянь:

$$\begin{cases} m_1 \ddot{s}_1 + c(s_1 - s_2) = P_{\text{надл}}(t) + Q; \\ m_2 \ddot{s}_2 - c(s_1 - s_2) = -Q, \end{cases} \quad (5)$$

де: s_1 й s_2 – незалежні переміщення приведеної маси механізму m_1 й вантажу m_2 ; c – приведена жорсткість канату.

Якщо ввести нову змінну $s = s_1 - s_2$ (і, відповідно, $\ddot{s} = \ddot{s}_1 - \ddot{s}_2$) тоді знайдемо:

$$\ddot{s} + k^2 s = \frac{P_{\text{надл}}(t)}{m_1} + \frac{(m_1 + m_2)}{(m_1 \cdot m_2)} \cdot Q, \quad (6)$$

де k визначається за формулою:

$$k = \sqrt{\frac{c \cdot (m_1 + m_2)}{(m_1 \cdot m_2)}}. \quad (7)$$

Диференціальне рівняння (6) розв'язуємо за наступних початкових умов ($t=0$): $s = \frac{Q}{c} = \frac{m_2 g}{c}$ (відношенням $\frac{Q}{c}$ визначається статична деформація канату під дією маси m_2 підвішеного вантажу), $\dot{s} = 0$. Сила пружності або динамічне зусилля, що діє на канат, визначається з:

$$F(t) = c \cdot s = \frac{c \cdot P_{\text{надл}}(t)}{k^2 \cdot m_1} + Q - \frac{c}{k^2} \cdot \ddot{s}. \quad (8)$$

Для коефіцієнта динамічності у цьому варіанті маємо:

$$K_D(t) = 1 + \left\{ \frac{c \cdot P_{\text{надл}}(t)}{k^2 \cdot m_1 \cdot m_2 g} - \frac{c \cdot \ddot{s}}{k^2 \cdot m_2 g} \right\}. \quad (9)$$

3. Рівняння динаміки, що описують рух системи, зображеної на рис. 1,в, нічим не відрізняється від отриманих (5) та (6). Однак початкові умови будуть іншими ($t = 0$): $s = 0$; $\dot{s} = V$, де V – швидкість усталеного руху вантажу на канаті. Вираз (9) теж залишається без змін, проте $\ddot{s}$ відрізняється у випадку (рис. 1,в) від виразу для $\ddot{s}$, що відповідає (рис. 1,б), оскільки початкові умови для визначення $s(t)$, $\dot{s}(t)$, $\ddot{s}(t)$ різні. Слід також зазначити, що згідно [4], величина $P_{\text{надл}}(t) = (m_1 + m_2) \cdot a(t)$, де $a(t)$ – динамічне прискорення того або іншого режиму руху приводного механізму, яка залежить від часу t . У роботі [3] розглянуті можливі режими руху приводного механізму на ділянці пуску, які відповідають: 1) режиму руху з постійним прискоренням, який мінімізує величину рушійного моменту приводу; 2) режиму руху з лінійною зміною прискорення, який мінімізує динамічну складову потужності приводу; 3) режиму руху зі зміною прискорення по кривій третього порядку; 4) режиму руху зі зміною прискорення по кривій п'ятого порядку. Останні два режими [4] руху дають плавну зміну прискорень приводного механізму, що забезпечує зменшення коливань динамічних навантажень в пружних елементах.

Оптимізація коефіцієнта динамічних навантажень.

А. Підйом вантажу «з ваги» абсолютно жорстким канатом. Критерій якості руху системи для даного випадку обираємо у вигляді:

$$I_A = \int_0^{t_p} K_{\partial}^2(t) dt \rightarrow \min, \quad (10)$$

де: t_p – тривалість перехідного процесу.

Необхідною умовою виконання критерію (10) є рівняння Ейлера-Пуассона:

$$s^{(IV)}(t) = 0. \quad (11)$$

Розв'язок рівняння (11) розшукуємо, використовуючи початкові умови типу:

$$t = 0; s = 0; \dot{s}(0); \ddot{s}(0) = \frac{P_{на\partial л}(0)}{m_1 + m_2} = a(0); \dot{s}(t_p) = V_y, \quad (12)$$

де: V_y – усталена швидкість підйому вантажу при закінченні перехідного процесу ($t \geq t_p$). Величина $a(0)$ обирається для кожного з вище вказаних режимів. Зокрема, маємо:

а) перший режим –

$$a(0) = \frac{V_y}{t_p}; \quad (13)$$

б) другий режим –

$$a(0) = \frac{2V_y}{t_p}; \quad (14)$$

в) третій режим –

$$a(0) = 0; \quad (15)$$

г) четвертий режим –

$$a(0) = 0. \quad (16)$$

Закон руху $s(t)$, який задовольняє критерію якості руху (10) та умовам (12), має вид:

$$s(t) = \frac{a(0)}{2} \cdot t^2 + \left\{ V_y - a(0) \cdot t_p \right\} \cdot \frac{t^3}{3t_p^2}, \quad (17)$$

а значення $K_{\partial}(t)$ визначається у інтервалі $t \in [0, t_p]$ наступним співвідношенням:

$$K_{\partial}(t) = 1 + \frac{a(0) + 6 \cdot \left\{ V_y - a(0) \cdot t_p \right\} \cdot \frac{t}{3t_p^2}}{g}. \quad (18)$$

Середня за період пуску ($t = t_p$) величина $K_{\partial}(t)$ визначається наступним чином:

$$\overline{K_{\partial}} = \frac{1}{t_p} \cdot \int_0^{t_p} K_{\partial}(t) dt = 1 + \frac{a(0) + \left\{ \frac{V_y - a(0) \cdot t_p}{t_p} \right\}}{g} = 1 + \frac{a(0)}{g} + \left\{ \frac{V_y - a(0) \cdot t_p}{gt_p} \right\}. \quad (19)$$

У табл. 1 подані значення $K_{\partial}(t)$ (18), $\overline{K_{\partial}}$ (19) для різних режимів руху (13)–(16), для $V_y = 0,5 м/с$, $t_p = 2,0с$.

1. Значення $K_{\partial}(t)$, $\overline{K_{\partial}}$ для різних режимів руху механізму підйому вантажу «з ваги» абсолютно жорстким канатом

Режими	$K_{\partial}(t)$			$\overline{K_{\partial}}$
	$t=0$	$t=1,0 с$	$t=2,0 с$	
Перший	1,025	1,025	1,025	1,025
Другий	1,051	1,025	1,000	1,025
Третій	1,0	1,025	1,051	1,025
Четвертий	1,0	1,025	1,051	1,025

Аналіз результатів, поданих у табл. 1, показує, що в межах моделі абсолютно жорсткого канату $\overline{K_{\partial}}$ не відрізняється у всіх чотирьох режимів руху, проте залежність $K_{\partial}(t)$ у кінці періоду $t = t_p$ при переході у режим стаціонарного руху вантажу, який піднімають «з ваги» найбільш сприятлива у другому режимі, коли $K_{\partial}(t) = 1$.

Б. Підйом вантажу «з ваги» за допомогою пружного канату.

Критерій якості руху системи для даного випадку $I_B \equiv I_A$ (10). Необхідною умовою виконання критерію I_B є рівняння Ейлера–Пуассона вигляду:

$$s^{(IV)} = \frac{k^2 m_2}{c} \cdot \ddot{a}(t). \quad (20)$$

Початкові умови для розв'язку рівняння (20) мають наступний вид:

$$t=0; \quad s = \frac{m_2 g}{c}; \quad \dot{s} = 0; \quad \ddot{s} = -k^2 \cdot \frac{m_2 g}{c} + \frac{(m_1 + m_2)}{m_1} (a(0) + g);$$

$$\ddot{s}(t_p) = -k^2 \cdot \frac{m_2 g}{c} + \frac{(m_1 + m_2)}{m_1} \{a(t_p) + g\} \quad (21)$$

Для першого та другого режимів руху $\ddot{a}(t) \equiv 0$, тому замість (20) треба розв'язати рівняння:

$$s^{(IV)} = 0. \quad (22)$$

за умов (21).

Закон руху, який відповідає рівнянню (22) та умовам (21) має вид:

$$s(t) = \alpha_0 + \alpha_2 \cdot t^2 + \alpha_3 \cdot t^3, \quad (23)$$

$$\text{де } \alpha_0 = \frac{m_2 g}{c}; \quad \alpha_2 = \frac{1}{2} \left\{ \frac{-k^2 \cdot m_2 g}{c} + \frac{(m_1 + m_2)}{m_1} \cdot [a(0) + g] \right\}; \quad \alpha_3 = \frac{(m_1 + m_2)}{6m_1 \cdot t_p} [a(t_p) - a(0)]$$

Для першого режиму маємо:

$$\alpha_0^{(1)} = \frac{m_2 g}{c}; \quad \alpha_2^{(1)} = \frac{1}{2} \left\{ -\frac{k^2 \cdot m_2 g}{c} + \frac{(m_1 + m_2)}{m_1} \left[\frac{V_y}{t_p} + g \right] \right\}; \quad \alpha_3^{(1)} = 0. \quad (24)$$

Для другого режиму маємо:

$$\alpha_0^{(2)} = \frac{m_2 g}{c}; \quad \alpha_2^{(2)} = \frac{1}{2} \left\{ -\frac{k^2 \cdot m_2 g}{c} + \frac{(m_1 + m_2)}{m_1} \left[\frac{2V_y}{t_p} + g \right] \right\}; \quad \alpha_3^{(2)} = \frac{(m_1 + m_2)}{6m_1 \cdot t_p} \left[-\frac{2V_y}{t_p} \right]. \quad (25)$$

Величину $K_\delta^i(t)$, $i = \overline{(1,2)}$, де i – номер режиму руху, знаходимо зі співвідношення:

$$K_\delta^i(t) = 1 + \frac{a^{(i)}(t)}{g} - \frac{c \cdot \{2\alpha_2^{(i)} + 6\alpha_3^{(i)} \cdot t\}}{k^2 m_2 g}. \quad (26)$$

Для обчислення $\overline{K_\delta^i}$, $i = \overline{(1,2)}$, можна застосувати формулу:

а) для першого режиму –

$$\overline{K_\delta^i} = 1 + \frac{V_y}{gt_p} - \frac{c \cdot 2\alpha_2^{(1)}}{k^2 m_2 g}; \quad (27)$$

б) для другого режиму –

$$\overline{K_\delta^{(2)}} = 1 + \frac{2V_y(1 - \frac{1}{2})}{gt_p} - \frac{c \cdot \{2\alpha_2^{(2)} + 3\alpha_3^{(2)} t_p\}}{k^2 m_2 g} = 1 + \frac{V_y}{gt_p} - \frac{c \cdot \{2\alpha_2^{(2)} + 3\alpha_3^{(2)} t_p\}}{k^2 m_2 g}. \quad (28)$$

Розрахунки за формулами (26)–(28) проведені для наступних значень параметрів: $V_y = 0,5 \text{ м/с}$, $t_p = 2,0 \text{ с}$, $m_1 = 41550 \text{ кг}$, $m_2 = 20000 \text{ кг}$, $c = 15450 \cdot 10^3 \text{ Н/м}$ [4]. Для першого режиму у результаті маємо:

$$K_\delta^{(1)}(t) = \overline{K_\delta^{(1)}} = 1. \quad (29)$$

Аналітичний результат (типу (29)) може бути реалізований і для другого режиму руху, а саме:

$$K_\delta^{(2)}(t) = 1, \quad \overline{K_\delta^{(2)}} = 1. \quad (30)$$

(Фактично виникає ідеальний режим руху без перевантажень!)

Для третього й четвертого режимів руху слід розв'язати рівняння (20), причому $\ddot{a}(t) \neq 0$. Так, маємо:

а) для третього режиму –

$$\ddot{a}(t) = -\frac{48V_y}{t_p^3} + \frac{72V_y \cdot t}{t_p^4} \quad (31)$$

б) для четвертого режиму –

$$\ddot{a}(t) = -\frac{120V_y}{t_p^3} - \frac{1080V_y \cdot t}{t_p^4} + \frac{2160V_y \cdot t^2}{t_p^5} - \frac{1200V_y \cdot t^3}{t_p^6}. \quad (32)$$

Для третього режиму розв'язок (20) має вид:

$$s(t) = \beta_0^{(3)} + \beta_1^{(3)} \cdot t + \beta_2^{(3)} \cdot t^2 + \beta_3^{(3)} \cdot t^3 + A_1 \cdot t^4 + A_2 \cdot t^5 \quad (33)$$

де:

$$A_1 = -\frac{2V_y}{t_p^3}; \quad A_2 = -\frac{3V_y}{5 \cdot t_p^4}; \quad \beta_0^{(3)} = \frac{m_2 g}{c}; \quad \beta_1^{(3)} = 0;$$

$$\beta_2^{(3)} = \frac{1}{2} \left\{ -k^2 \frac{m_2 g}{c} + \frac{(m_1 + m_2)}{m_1} g \right\}; \beta_2^{(3)} = \frac{2V_y}{t_p^2}. \quad (34)$$

З (33) легко знайти $\ddot{s}(t)$:

$$\ddot{s}(t) = 2\beta_2^{(3)} + 6\beta_3^{(3)} \cdot t + 12A_1 \cdot t^2 + 20A_2 t^3. \quad (35)$$

З (9) для $K_\delta^{(3)}(t)$ маємо:

$$K_\delta^{(3)}(t) = 1 + \frac{a^{(3)}(t)}{g} - \frac{c}{k^2 m_2 g} \{ 2\beta_2^{(3)} + 6\beta_3^{(3)} \cdot t + 12A_1 \cdot t^2 + 20A_2 t^3 \}, \quad (36)$$

де: $a^{(3)}(t) = \frac{12V_y}{t_p} \left(\frac{t}{t_p} - 2 \cdot \frac{t^2}{t_p^2} + \frac{t^3}{t_p^3} \right)$. (Слід зазначити, що $\beta_2^{(3)} \equiv 0$).

Після нескладних перетворень з (36) можна отримати:

$$K_\delta^{(3)}(t) = 1 + \left(\frac{12V_y t}{gt_p^2} - \frac{24V_y t^2}{gt_p^3} + \frac{12V_y t^3}{gt_p^4} \right) - \left(1 - \frac{c}{k^2 m_2} \right) = 1 + \frac{12V_y t}{gt_p^2} \left(1 - \frac{t}{t_p} \right)^2 \cdot \left(\frac{m_2}{m_1 + m_2} \right). \quad (37)$$

Тоді:

$$\overline{K_\delta^{(3)}} = 1 + \frac{m_2}{(m_1 + m_2)} \cdot \left(\frac{6V_y}{gt_p} - \frac{8V_y}{gt_p} + \frac{3V_y}{gt_p} \right) = 1 + \frac{m_2}{(m_1 + m_2)} \cdot \left(\frac{V_y}{gt_p} \right). \quad (38)$$

Для прийнятих вище значень m_1 , m_2 , V_y , t_p з (38) маємо наступну чисельну оцінку $\overline{K_\delta^{(3)}}$: $\overline{K_\delta^{(3)}} = 1,008$. Для знаходження $K_\delta^{(3)}(t)$ можна використати співвідношення (37) (табл. 2).

2. Значення $K_\delta^{(3)}(t)$ для третього режиму руху механізму підйому вантажу «з ваги» пружним канатом ($m_1 = 41550 \text{ кг}$, $m_2 = 20000 \text{ кг}$, $V_y = 0,5 \text{ м/с}$, $t_p = 2,0 \text{ с}$)

$t, \text{с}$	0	0,5	1,0	1,5	2,0
$K_\delta^{(3)}(t)$	1	1,014	1,012	1,005	1

Аналіз результатів табл. 2 показує, що $K_\delta^{(3)}(t)$ не залежить від c (жорсткості канату) і монотонно зменшується до 1 після досягнення t значення t_p . Найбільше значення $K_\delta^{(3)}(t)$ набирає у момент часу $t^* = \frac{t_p}{3}$ і складає:

$$K_{\delta \max}^{(3)}(t^*) = 1 + \frac{12V_y t^*}{gt_p^2} \cdot \left(1 - \frac{t^*}{t_p} \right)^2 \cdot \left(\frac{m_2}{m_1 + m_2} \right) = 1 + \left(\frac{m_2}{m_1 + m_2} \right) \cdot \frac{16V_y}{9gt_p}. \quad (39)$$

Для наведених вище значень V_y , t_p , m_1 , m_2 з (39) маємо наступну чисельну оцінку: $K_{\delta \max}^{(3)}\left(\frac{t_p}{3}\right) \approx 1,015$. Графік залежності $K_\delta^{(3)}(t)$

поданий на рис. 2 для введених значень параметрів: $m_1 = 41550 \text{ кг}$, $m_2 = 20000 \text{ кг}$, $t_p = 2,0 \text{ с}$, $V_y = 0,5 \text{ м/с}$.

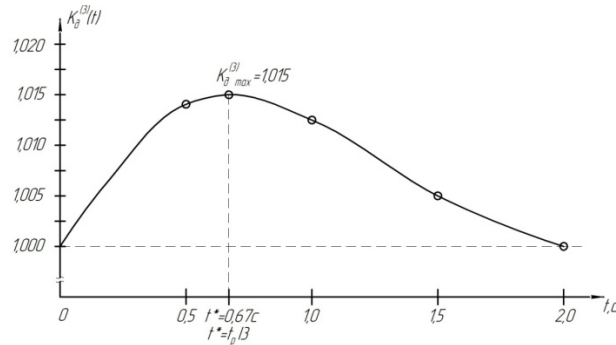


Рис. 2. Залежність $K_\delta^{(3)}(t)$.

Для четвертого режиму розв'язок (20) має вид:

$$s(t) = \beta_0^{(4)} + \beta_1^{(4)}t + \beta_2^{(4)}t^2 + \beta_3^{(4)}t^3 + B_1 \cdot t^4 + B_2 \cdot t^5 + B_3 \cdot t^6 + B_4 \cdot t^7, \quad (40)$$

де:

$$B_1 = \frac{5V_y}{t_p^3}; \quad B_2 = \frac{9V_y}{t_p^4}; \quad B_3 = \frac{6V_y}{t_p^5}; \quad B_4 = \frac{10V_y}{7t_p^6};$$

$$\beta_0^{(4)} = \frac{m_2 g}{c}; \quad \beta_1^{(4)} = 0; \quad \beta_2^{(4)} = 0; \quad \beta_3^{(4)} = 0; \quad (41)$$

Тоді маємо залежність (40):

$$s(t) = \frac{m_2 g}{c} + \frac{5V_y}{t_p^3} \cdot t^4 - \frac{9V_y}{t_p^4} \cdot t^5 + \frac{6V_y}{t_p^5} \cdot t^6 - \frac{10V_y}{7t_p^6} \cdot t^7. \quad (42)$$

З (42) можна отримати:

$$\ddot{s}(t) = \frac{60V_y t^2}{t_p^3} - \frac{180V_y}{t_p^4} \cdot t^3 + \frac{180V_y t^4}{t_p^5} - \frac{60V_y \cdot t^5}{t_p^6}. \quad (43)$$

Для $K_\delta^{(4)}(t)$ з (9), (43) маємо:

$$K_\delta^{(4)}(t) = 1 + \frac{a^{(4)}t}{g} - \frac{c}{k^2 m_2 g} \left\{ \frac{60V_y t^2}{t_p^3} - \frac{180V_y}{t_p^4} \cdot t^3 + \frac{180V_y t^4}{t_p^5} - \frac{60V_y \cdot t^5}{t_p^6} \right\}, \quad (44)$$

де: $a^{(4)}t = \frac{60V_y t^2}{t_p^3} \cdot \left(1 - 3\frac{t}{t_p} + 3\frac{t^2}{t_p^2} - \frac{t^3}{t_p^3} \right) \quad [4].$

Після нескладних перетворень (44) можна отримати:

$$K_\delta^{(4)}(t) = 1 + \frac{60V_y t^2}{gt_p^3} \cdot \left(1 - \frac{t}{t_p} \right)^3 \cdot \left(1 - \frac{c}{k^2 m_2} \right) = 1 + \frac{60V_y t^2}{gt_p^3} \cdot \left(1 - \frac{t}{t_p} \right)^3 \cdot \left(\frac{m_2}{m_1 + m_2} \right). \quad (45)$$

Тоді:

$$\overline{K_\delta^{(4)}} = 1 + \frac{V_y(m_2)}{g \cdot t_p(m_1 + m_2)}. \quad (46)$$

Для обраних вище значень параметрів $\overline{K_\delta^{(4)}} \equiv \overline{K_\delta^{(3)}} \approx 1,008$. Для знаходження $K_\delta^{(4)}(t)$ можна використати співвідношення (45) (табл. 3).

3. Значення $K_{\delta}^{(4)}(t)$ для четвертого режиму руху механізму підйому вантажу «з ваги» пружним канатом ($m_1 = 41550 \text{ кг}$, $m_2 = 20000 \text{ кг}$, $V_y = 0,5 \text{ м/с}$, $t_p = 2,0 \text{ с}$)

$t, \text{с}$	0	0,5	$t^* = 0,4t_p = 0,8 \text{с}$	1,0	1,5	2,0
$K_{\delta}^{(4)}(t)$	1,000	1,013	1,017	1,016	1,004	1,000

При значенні $t^* = 0,4t_p$ $K_{\delta}^{(4)}(t)$ досягає максимального значення. (Отже, у четвертому режимі руху максимальне значення $K_{\delta}^{(4)}$ досягається пізніше, ніж за третього режиму, оскільки $t_4^* = t_p \cdot 0,4 > t_3^* = \frac{1}{3}t_p$). Сама величина максимального значення $K_{\delta}^{(4)}$ теж більша, ніж за третього режиму руху ($K_{\delta}^{(4)}_{\max}(t_4^*) = 1,017$, $K_{\delta}^{(3)}_{\max}(t_3^*) = 1,015$). Графік залежності $K_{\delta}^{(4)}(t)$ для введених значень параметрів $m_1 = 41550 \text{ кг}$, $m_2 = 20000 \text{ кг}$, $t_p = 2,0 \text{ с}$, $V_y = 0,5 \text{ м/с}$ наведений на рис. 3.

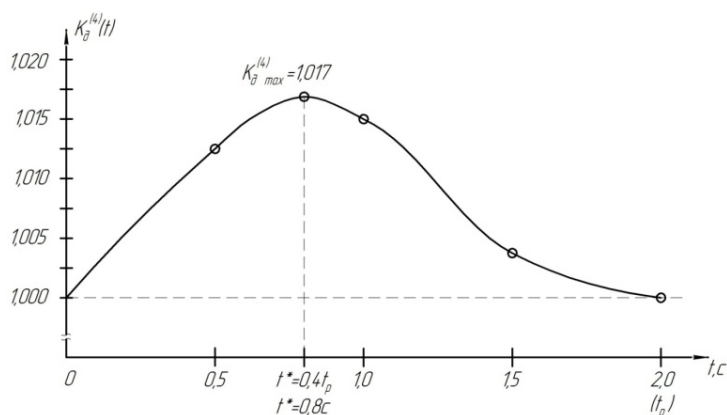


Рис. 3. Залежність $K_{\delta}^{(4)}$.

Висновки

1. Проведений всебічний аналіз впливу умов підйому вантажу «з ваги» і жорсткостей канату (абсолютно жорсткий / пружний) на величину коефіцієнта динамічних навантажень у пружних елементах (канатах) вантажопідйомних механізмів кранів.

2. Запропоновані й обґрунтовані необхідні режими руху механізму підйому вантажу крана (у межах двомасової моделі), які мінімізують коефіцієнт динамічних навантажень у вантажних канатах вантажопідйомних машин при підйомі вантажу «з ваги».

3. Отримані у роботі результати можуть у подальшому бути використані при вдосконаленні й уточненні інженерних методів розрахунку вантажопідйомних механізмів кранів як на стадіях їх проектування/конструювання, так і у режимах їх реальної експлуатації.

Список літератури

1. Волков Д. П. Динамические нагрузки в универсальных экскаваторах – кранах / Д. П. Волков. – М.: Машгиз, 1958. – 269 с.
2. Кожевников С. Н. Динимика нестационарных процессов в машинах / С. Н. Кожевников. – К.: Наукова думка, 1986. – 288 с.
3. Ловейкин В. С. Расчеты оптимальных режимов движения механизмов строительных машин / В. С. Ловейкин. – К.: УМК ВО, 1990. – 166 с.
4. Ловейкін В. С. Мінімізація динамічних навантажень в пружних елементах вантажопідйомних машин / В. С. Ловейкін // Гірничі, будівельні, дорожні і меліоративні машини. – К., 1998. – Вип. 52. – С. 63–68.
5. Гоберман Л. А. Теория, конструкция и расчет строительных и дорожных машин / Л. А. Гоберман, К. В. Степанян, А. А. Яркин, В. С. Заленский. – М.: Машиностроение, 1979. – 407 с.
6. Голубенцев Н. А. Динамика переходных процессов в машинах со многими массами / Н. А. Голубенцев. – М.: Машгиз, 1959. – 147 с.
7. Вейц В. Л. Динамика машинных агрегатов / В. Л. Вейц. – Л.: Машиностроение, 1969. – 370 с.
8. Вульфсон И. И. Динамика машинных агрегатов / И. И. Вульфсон, М. З. Коловский. – Л.: Машиностроение, 1969. – 370 с.
9. Комаров М. С. Нелинейные задачи динамики машин / М. С. Комаров. – М.: Машиностроение, 1968. – 284 с.
10. Казак С. А. Динамика мостовых кранов / С. А. Казак. – М.: Машиностроение, 1968. – 331 с.
11. Гохберг М. М. Металлические конструкции подъемно-транспортных машин / М. М. Гохберг. – М.: Машиностроение, 1969. – 520 с.
12. Лобов Н. А. Динамика грузоподъемных кранов / Н. А. Лобов. – М.: Машиностроение, 1987. – 160 с.
13. Гайдамака В. Ф. Грузоподъемные машины / В. Ф. Гайдамака. – К.: Вища школа, 1989. – 328 с.
14. Будиков Л. Я. Многопараметрический анализ динамики грузоподъемных кранов мостового типа / Л. Я. Будиков. – Луганск: Изд. Во ВУТУ, 1997. – 210 с.
15. Моделювання динаміки механізмів вантажопідйомних машин / [Ловейкін В. С., Човнюк Ю. В. Діктерук М. Г., Пастушенко С. І.]. – К. – Миколаїв: РВВ МДАУ, 2004. – 286 с.
16. Гробов В. А. Теория колебаний механических систем / В. А. Гробов. – К.: Вища школа, 1982. – 183 с.
17. Новак С. М. Защита от вибрации и шума в строительстве : справочник / С. М. Новак, А. С. Логвинец. – К.: Будівельник, 1990. – 184 с.

References

1. Volkov, D. P. (1958). Dynamycheskye nahruzky v unyversal'nykh ekskavatorakh – kranakh [Dynamic loads in the generic excavators – cranes]. M.: Mashhyz, 269.
2. Kozhevnykov, S. N. (1986). Dynymyka nestatsyonarnykh protsessov v mashynakh [Dinamica non-stationary processes in machines]. K.: Naukova dumka, 288.
3. Loveykyn, V. S. (1990). Raschety optymal'nykh rezhymov dvyzhenyya mekhanyzmov stroytel'nykh mashyn [Calculations of optimum modes of movement of construction machinery]. K.: UMK VO, 166.
4. Loveykin, V. S. (1988). Minimizatsiya dynamichnykh navantazhen' v pruzhnykh elementakh vantazhopidymnykh mashyn [Minimization of dynamic loads in the elastic elements of lifting machines]. Mining, construction, road and reclamation machines. K., Vyp. 52, 63–68.

5. *Hoberman, L. A., Stepanyan, K. V., Yarkyn, A. A., Zalens'kyi V. S. (1979). Teoriya, konstruktsiya y raschet stroitel'nykh y dorozhnykh mashyn [Theory, design and calculation of building and road machines]. M.: Mashynostroenye, 407.*
6. *Holubentsev, N. A. (1959). Dynamika perekhodnykh protsessov v mashynakh so mnohymy massamy [Dynamics of transients in machines with many masses]. M.: Mashhyz, 147.*
7. *Veyts, V. L. (1969). Dynamika mashynnykh ahrehatov [Dynamics of machine units]. L.: Mashynostroenye, 370.*
8. *Vul'fon, Y. Y., Kolovskiy M. Z. (1969). Dynamika mashynnykh ahrehatov [Dynamics of machine units]. L.: Mashynostroenye, 370.*
9. *Komarov, M. S. (1968). Nelyneyne zadachy dynamiky mashyn [Nonlinear problems of dynamics of machines]. M.: Mashynostroenye, 284.*
10. *Kazak, S. A. (1968). Dynamika mostovykh kranov [Dynamics of bridge cranes]. M.: Mashynostroenye, 331.*
11. *Hokhberh, M. M. (1969). Metallicheskiye konstruktsii podemno-transportnykh mashyn [Metal constructions of lifting-transport machines]. M.: Mashynostroenye, 520.*
12. *Lobov, N. A. (1987). Dynamika hruzopod'emnykh kranov [Dynamics of load-lifting cranes]. M.: Mashynostroenye, 160.*
13. *Haydamaka, V. F. (1989). Hruzopodemnye mashyny [Hoisting machine]. K.: Vyshcha shkola, 328.*
14. *Budykov, L. Ya. (1997). Mnohoparametrycheskiy analiz dynamiky hruzopod'emnykh kranov mostovogo tipa [Multivariable analysis of the dynamics of load-lifting cranes of bridge type]. Luhansk: Yzd. Vo VUTU, 210.*
15. *Loveykin, V. S., Chovnyuk, Yu. V., Dikteruk, M. H., Pastushenko, S. I. (2004). Modelyuvannya dynamiky mekhanizmiv vantazhopidymnykh mashyn [Modeling of dynamics of mechanisms of hoisting machines]. K. Mykolayiv: RVV MDAU, 286.*
16. *Hrobov, V. A. (1982). Teoriya kolebanyy mekhanicheskikh system [Theory of oscillations of mechanical systems]. K.: Vyshcha shkola, 183.*
17. *Novak, S. M., Lohvynets, A. S. (1990). Zashchyta ot vybratsy y shuma v stroitel'stve : spravochnik [Protection against vibration and noise in construction : handbook]. K.: Budivelnik, 184.*

МИНИМИЗАЦИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК В МЕХАНИЗМЕ ПОДЪЕМА ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ МАШИН

В. С. Ловеikin, Ю. В. Човнюк, И. А. Кадикало

Аннотация. *Рассмотрено влияние условий разного типа подъема груза («с веса», «с подхватом») и жесткостей каната (абсолютно жесткий и упругий) на величину динамических нагрузок в упругих элементах. Для уменьшения этих нагрузок (в частности, коэффициента динамичности) предложен выбор необходимых режимов движения приводов на участках переходных процессов. На примере кранового механизма подъема груза (двухмассовая модель) проведена динамическая оптимизация (минимизация) указанных нагрузок в грузовых канатах.*

Проведен всесторонний анализ влияния условий подъема груза «с веса» и жесткостей каната (абсолютно жесткий / упругий) на величину коэффициента динамических нагрузок в упругих элементах (канатах) грузоподъемных механизмов кранов.

Предложены и обоснованы необходимые режимы движения механизма подъема груза крана (в пределах двухмассовой модели), которые минимизируют коэффициент динамических нагрузок в грузовых канатах грузоподъемных машин при подъеме груза «с веса».

Полученные в работе результаты могут в дальнейшем быть использованы при совершенствовании и уточнении инженерных методов расчета грузоподъемных механизмов кранов как на стадиях их проектирования/конструирования, так и в режимах их реальной эксплуатации.

Ключевые слова: динамическая оптимизация, минимизация, нагрузка, упругие элементы, грузоподъемные машины, условия подъема, жесткость каната

MINIMIZATION OF DYNAMIC STRESSES IN LIFTING MECHANISM OF HOISTING MACHINERY

V. S. Loveykin, Yu. V. Chovnyuk, I. O. Kadikalo

Abstract. *The influence of different conditions for lifting good ("the weight", "picked out") and of various rope's stiffness (absolutely hard and elastic) on the magnitude of dynamic loads in elastic elements is discussed. One may reduce these loads and dynamic coefficient, as well, with the help of choice of modes of motion required for drive mechanisms during the transient processes. The dynamic optimization (minimization) of the mentioned above loads of the cargo ropes of hoisting machines for the mechanism of lifting cranes is proposed. One may use the two – mass model for these aims.*

Conducted a comprehensive analysis of the effect of conditions of lifting of loads with the weight and stiffness of the rope (absolutely rigid / elastic) coefficient of dynamic loads in the elastic elements (ropes) hoisting mechanisms of cranes.

Proposed and substantiated the essential modes of motion of the lifting mechanism of the cargo crane (within Domanovo model) that minimize the ratio of dynamic loads in the cargo ropes for lifting equipment when lifting "weights".

The obtained results can further be used in the improvement and refinement of engineering methods of calculation of load-lifting mechanisms of cranes as at the stages of design/construction and the modes of their actual operation.

Key words: *dynamic optimization, minimization, load, elastic elements, lifting machines, conditions for lifting, stiffness of rope*

НАДЕЖНОСТЬ МОБИЛЬНОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ БИОЛОГИЧЕСКИХ ТОПЛИВО-СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

**В. А. Дидур, доктор технических наук
Д. П. Журавель, кандидат технических наук
Таврический государственный агротехнологический
университет
e-mail: didurva@mail.ru**

Аннотация. Энергетическая независимость Украины – это залог дальнейшего социально-экономического развития государства.

Учитывая то, что Украина обеспечивает свои потребности нефти на 85–90% за счет импорта, а цена на мировом рынке на нее постоянно растет, это не могло не сказаться на критическом увеличении себестоимости сельскохозяйственной продукции, в частности продуктов питания. Поэтому необходимость поиска путей замены нефтяного сырья для производства топливо-смазочных материалов на сырье с возобновляемых источников, является стратегической задачей.

В статье рассмотрены вопросы методологии определению показателей надежности элементов функциональных систем мобильной техники, работающих как на нефтяных, так и на биотопливо-смазочных материалах. Определены законы распределения параметрических отказов, с помощью которых установлены средние ресурсы. Сопоставлены значения средних ресурсов элементов функциональных систем, что позволило установить звенья с наименьшими показателями надежности. Рассчитаны показатели надежности основных элементов систем и надежность мобильной техники в целом, работающей на различных видах топливо-смазочных материалов (ТСМ). При работе на биологических топливо-смазывающих материалах все показатели надежности ниже, чем при работе на нефтяных, что объясняется агрессивным воздействием метанолов биотоплива и легких фракций биомасла на конструкционные материалы.

Ключевые слова: *мобильная сельскохозяйственная техника, функциональные системы, биотопливо-смазочные материалы, надежность, биодизель, эксплуатационные затраты, ресурс*

Постановка проблемы. Проблему рационального использования энергии в сельском хозяйстве на современном этапе следует рассматривать не только, как снижение расходов ТСМ, а значительно шире, как определение основных направлений энергосберегающей политики с учетом перспектив применения альтернативных ТСМ [1–3].

Для Украины наиболее перспективным является применение рапсового масла, в частности метилового эфира рапсового масла (МЕРМ).

В большинстве своем альтернативные ТСМ отличаются от традиционных углеводородных жидкостей своими физико-химическими свойствами, которые влияют как на надежность машинотракторных агрегатов, так и на организацию рабочего процесса систем и на итоговые технико-экономические и экологические показатели машинотракторных агрегатов (МТА) [4, 5].

Для аграрного сектора экономики проблема заключается также в значительных эксплуатационных затратах на техническое обслуживание и ремонт мобильной техники, которое составляет 1/3 от ее балансовой стоимости, а это миллионы гривен [6].

Адаптация современных функциональных систем МТА при эксплуатации ее на новых видах ТСМ растительного или животного происхождения является неременным условием обеспечения надежности мобильной сельскохозяйственной техники [4–7].

Народно-хозяйственная проблема, на этапе борьбы за энергетическую независимость Украины, заключается также в снижении эксплуатационных затрат на содержание мобильной сельскохозяйственной техники в работоспособном состоянии при использовании биотопливо-смазочных материалов.

Анализ последних исследований. Эффективность использования сельскохозяйственной техники, в первую очередь, зависит от ее эксплуатационной надежности, которая поддерживается системой технического обслуживания и ремонта. В соответствии с нормативной документацией ресурс тракторов тягового класса 1,4 составляет в среднем 15...18 лет [3–10]. Основными функциональными системами мобильной техники являются: двигатель, трансмиссия, ходовая часть, гидрооборудование, электрооборудование, механизм управления. Практика показывает, что распределение отказов по системам мобильной техники следующее: двигатель – 28%; механизм управления – 25%; электрооборудование – 16%; ходовая часть – 13%; гидрооборудование – 12%; трансмиссия – 6% [9]. Основными показателями надежности элементов функциональных систем являются вероятность безотказной работы $P(t)$ и средний ресурс в

мото-часах. В соответствии с ГОСТ 10579-82 (СЭВ 2405-80) средний ресурс должен быть не менее среднего ресурса до первого капитального ремонта, в зависимости от условий эксплуатации [7–18]. Это соответствует ресурсу всех элементов, большинство которых заменяются при частичной разборке в процессе технического обслуживания.

Опыт эксплуатации сельскохозяйственной техники на ТСМ биологического происхождения, свидетельствует о том, что приведенные данные средних ресурсов элементов функциональных систем мобильной техники существенно отличаются. Причем, в литературе приводятся весьма противоречивые сведения [7–18].

Целью исследований является установление показателей надежности функциональных систем мобильной сельскохозяйственной техники, работающей на различных видах топливо-смазочных материалах, в зависимости от условий эксплуатации.

Результаты исследований. Теория надежности является основой инженерной практики в области надежности технических изделий.

Вероятность безотказной работы систем мобильной техники представляет собой произведение вероятностей составляющих элементов системы [7, 8, 13, 15, 17, 18]:

$$P_{\text{смм.}}(t) = \prod_{i=1}^n P_i(t), \quad (1)$$

где: $P_i(t)$ – вероятность безотказной работы элемента функциональной системы мобильной техники.

Учитывая, что функциональные отказы бывают как внезапными, так и постепенными (износными), то

$$P_i(t) = P_i^*(t) \cdot P_i^{**}(t), \quad (2)$$

где: $P_i^*(t)$ и $P_i^{**}(t)$ – вероятности безотказной работы, обусловленной соответственно наличием внезапных и постепенных отказов.

Таким образом, величина $P_i^*(t)$ даёт количественную оценку составляющей надежности при внезапных отказах, а $P_i^{**}(t)$ – количественно характеризует способность функциональной системы сохранять заданный уровень выходных координат в пределах поля допуска в процессе эксплуатации.

Если $P_i^*(t)$ и $P_i^{**}(t)$ считать зависящими от случайных факторов, то методы расчета вероятности безотказной работы можно вести следующим образом:

$$P_i^*(t) = 1 - \int_0^t f_i^*(t) dt, \quad (3)$$

$$P_i^{**}(t) = 1 - \int_0^t f_i^{**}(t) dt, \quad (4)$$

где: $f_i^*(t)$ и $f_i^{**}(t)$ – функции распределения наработки соответственно до внезапного и постепенного отказа.

При распределении по нормальному закону плотность вероятности описывается выражением:

$$f(t) = \frac{1}{\sigma_0 \sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{(t-t_0)^2}{2\sigma^2} \right], \quad (5)$$

а вероятность безотказной работы:

$$P(t)_i = 1 - B_0 \int_0^t \exp \left[-\frac{(t-t_0)^2}{g} \right] dt, \quad (6)$$

где, $B_0 = \frac{1}{\sigma_0 \sqrt{2\pi}}; \text{ а } g = 2\sigma^2.$

Если провести замену переменных при: $\frac{t-t_0}{\sqrt{g}} = \frac{z}{\sqrt{2}}, \quad dt = \sqrt{\frac{a}{2}} \cdot dz$, то получим табулированную функцию, пригодную для практических расчётов при определении вероятности безотказной работы систем мобильной техники:

$$P_i(t) = 1 - B_0 \sqrt{\pi g} \left[\Phi_2 \left(\frac{t-t_0}{\sqrt{g/2}} \right) + \Phi_1 \left(\frac{t_0}{\sqrt{g/2}} \right) \right]. \quad (7)$$

Экспоненциальное распределение является однопараметрическим и характеризуется постоянной интенсивностью отказов λ . При этом распределении плотность вероятности наработки на отказ имеет вид:

$$f(t) = \lambda \cdot e^{-\lambda t}, \quad (8)$$

а вероятность безотказной работы:

$$P_i(t) = 1 - \int_0^t \lambda \cdot e^{-\lambda t} dt. \quad (9)$$

Пользуясь проведенными расчётными формулами и располагая законами распределения наработок на отказ и их основными параметрами для отдельных элементов, можно ещё на стадии проектирования систем мобильной техники производить оценку и более обоснованное нормирование вероятности безотказной его работы. Если мобильная техника подвержена совместному действию внезапных отказов, подчиняющихся экспоненциальному закону (с вероятностью безотказной работы $P^*(t)$ и постепенных отказов, подчиняющихся нормальному закону (с вероятностью безотказной работы $P^{**}(t)$), то функция надежности такого агрегата определяется выражением:

$$P(t) = e^{-\lambda t} \left\{ 1 - B_0 \sqrt{\pi g} \left[\Phi_2 \left(\frac{t-t_0}{\sqrt{g/2}} \right) + \Phi_1 \left(\frac{t_0}{\sqrt{g/2}} \right) \right] \right\} \quad (10)$$

Мобильная техника представляет собой комплекс агрегатов и узлов, от которых зависит надежность и ресурс мобильного агрегата в целом. Результаты расчётов осуществлены на примере элементов функциональных систем трактора МТЗ-82 в условиях Юга Украины. Отказы этих элементов статистически независимы. Результаты расчётов времени t_n , в течение которого вероятность выхода параметра за фиксированные границы допуска составляют не более $P_T \leq 0,5$. При этом t_n соответствует среднему ресурсу $R(t)$, а при $P_T \leq 0,8$ – $t_n = R_{\gamma 80\%}$, т.е. восьмидесяти процентному гамма-ресурсу.

Анализ полученных данных позволяет констатировать наличие существенного отличия в значениях ресурсов $R(t)$ и $R_{\gamma 80\%}$ для рассматриваемых элементов трактора. Это свидетельствует о наличии «слабого звена» в общей цепи надежности трактора в целом. Из чего следует, что, например, «слабым звеном» является для: трактора – двигатель; для двигателя – топливная аппаратура; для топливной аппаратуры – топливный насос высокого давления (ТНВД); для ТНВД – уплотнительные элементы и т.д. Устранение «слабого звена» является одним из основополагающих принципов повышения надежности сложных систем. Средние ресурсы элементов функциональных систем при эксплуатации их биологических ТСМ ниже, чем при работе на нефтяных.

Такое снижение ресурса систем мобильной техники, работающей на биологических ТСМ, объясняется активным воздействием метанолов на материалы всех элементов систем мобильной техники, что приводит к разрушению поверхностей и увеличению износов пар трения. Это ещё и сопряжено с тем, что при отсутствии средств диагностики из-за отказа одного из элементов, независимо от группы сложности, на практике требуется производить капитальный ремонт трактора в целом. Средний ресурс наработки систем мобильной техники при работе на минеральных ТСМ представлен на рис. 1. и на биологических ТСМ – рис. 2.

Вывод. В результате проведенных исследований установлено, что средний ресурс наработки мобильной сельскохозяйственной техники работающей на минеральных ТСМ составляет 15667 мото-час, а на биологических 14465 мото-час, что дает снижение среднего ресурса на 7,67% за счет активного воздействия метанолов биодизеля и легких фракций биомасла на поверхностную структуру пар трения. Для повышения ресурса необходимо произвести замену материалов сопряжений на другие, которые инертны в биологических ТСМ.

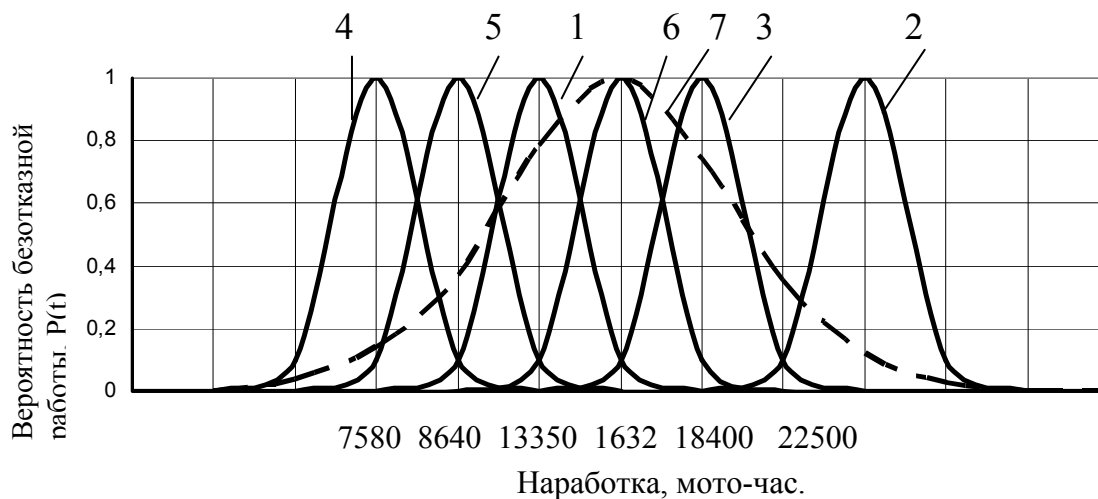


Рис. 1. Средний ресурс наработки функциональных систем мобильной техники при работе на минеральных ТСМ: 1 – двигатель; 2 – трансмиссия; 3 – ходовая часть; 4 – гидрооборудование; 5 – электрооборудование; 6 – механизм управления; 7 – средняя наработка систем мобильной техники.

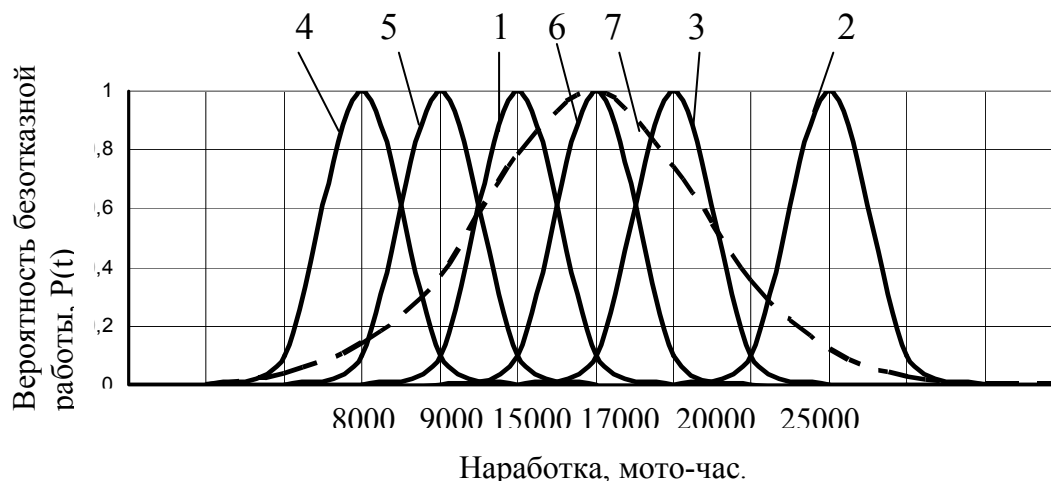


Рис. 2. Средний ресурс наработки функциональных систем мобильной техники при работе на биологических ТСМ: 1 – двигатель; 2 – трансмиссия; 3 – ходовая часть; 4 – гидрооборудование; 5 – электрооборудование; 6 – механизм управления; 7 – средняя наработка систем мобильной техники.

Список літератури

1. Погорелый Л. В. Повышение эксплуатационно-технологической эффективности сельскохозяйственной техники / Л. В. Погорелый. – К.: Техника, 1990. – 176 с.
2. Парсаданов І. В. Повышение качества и конкурентоспособности дизелей на основании комплексного топливно-экологического критерия / І. В. Парсаданов. – Х.: НТУ «ХПИ», 2003. – 244 с.
3. Voytyuk V. Методика определения технического состояния машин / V. Voytyuk, A. Demko, R. Yakymiv // Motrol. – № 9A. – 2007. – С. 131–136.

4. Журавель Д. П. Особенности использования масел биологического происхождения для мобильной техники / Д. П. Журавель // Вестник Украинского отделения Международной академии аграрного образования. – Мелитополь: Копицентр «Документ-сервис», 2014. – С. 157–165.
5. Дидур В. А. Особенности эксплуатации мобильной сельскохозяйственной техники при использовании биодизельного топлива / В. А. Дидур, В. Т. Надикто, Д. П. Журавель // Тракторы и сельхозмашины. – № 3. – 2009. – С. 3–6.
6. Журавель Д. П. Методология обеспечения надежности мобильной техники при использовании биологических ТСМ / Д. П. Журавель // Материалы VI Международной научно-технической конференции памяти И. И. Мартыненко. Энергообеспечения технологических процессов в агропромышленном комплексе Украины. – Мелитополь, 2015. – С. 8–9.
7. Кюрчев В. М. Альтернативне паливо для енергетики АПК / В. М. Кюрчев, В. А. Дідур, Л. І. Грачова. – К.: Аграрна освіта, 2012. – 416 с.
8. Дидур В. А. Диагностика и обеспечение надежности гидроприводов сельскохозяйственных машин / В. А. Дидур, В. Я. Ефремов. – К.: Техника, 1986. – 128 с.
9. Селиванов К. В. Повышение эффективности эксплуатации лесозаготовительных машин путем совершенствования диагностирования дизельной топливной аппаратуры : автореф. дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук : спец. 05.21.01 «Технология и машины лесозаготовок и лесного хозяйства» / К. В. Селиванов ; Москов. гос. ун-т леса. – М., 2013. – 17 с.
10. Фанлейб Б. Н. Топливная аппаратура автотракторных дизелей / Б. Н. Фанлейб. – М.: Машиностроение, 1974. – 263 с.
11. Трубников Г. И. Практикум, по автотракторным двигателям / Г. И. Трубников. – М.: Колос, 1975. – 192 с.
12. Трепененков И. И. Эксплуатационные показатели сельскохозяйственных тракторов / И. И. Трепененков. – М.: Машгиз, 1983. – 27 с.
13. Пронников А. С. Основы надежности и долговечности машин / А. С. Пронников. – М.: Издательство стандартов, 1989. – 275 с.
14. Николаенко А. В. Теория, конструкция и расчет автомобильных двигателей / А. В. Николаенко. – М.: Колос, 1982. – 414 с.
15. Курчаткин В. В. Надежность и ремонт машин / В. В. Курчаткин. – М.: Колос, 2000. – 776 с.
16. Михлин В. М. Управление надежностью сельскохозяйственной техники / В. М. Михлин. – М.: Колос, 1984. – 336 с.
17. Канарчук В. Є. Надійність машин / В. Є. Канарчук, С. К. Полянський, М. М. Дмитрієв. – К.: Либідь, 2003. – 424 с.
18. Надійність сільськогосподарської техніки / М. І. Черновол [та ін.] ; за ред. М. І. Черновола. – 2 вид., переробл. і допов. – Кіровоград : КОД, 2010. – 168 с.

References

1. Pohorelyy, L. V. (1990). *Povyshenye ekspluatatsyonno-tekhnolohycheskoy efektyvnosti sel'skokhozyaystvennoy tekhniky* [Improving operational and technological efficiency of agricultural machinery]. K.: Tekhnika, 176.
2. Parsadanov, I. V. (2003). *Povyshenye kachestva y konkurentosposobnosti dyzeley na osnovanyu kompleksnoho toplyvo-ekolohycheskoho kryteryaya* [Improving the quality and competitiveness of diesel engines based on integrated fuel-ecological criteria]. X.: NTU «KhPY», 244.
3. Voytyuk, V., Demko, A., Yakymiv, R. (2007). *Metodyka opredelenyya tekhnicheskoho sostoyanyya mashyn* [The method of determining the technical condition of the machines]. Motrol, № 9A, 131–136.

4. Zhuravel', D. P. (2014). Osobennosti yspol'zovaniya masel byolohycheskoho proyskhozhdeniyya dlya mobil'noy tekhniki [Features of use of oils of biological origin for mobile equipment]. Vestnyk Ukraynskoho otdeleniyya Mezhdunarodnoy akademyy ahrarnoho obrazovaniya. Melytopol': Kopytsentr «Dokument-servys», 157–165.
5. Dydur, V. A., Nadykto, V. T., Zhuravel', D. P. (2009). Osobennosti ekspluatatsyy mobil'noy sel'skokhozyaystvennoy tekhniki pry yspol'zovaniy byodyzel'noho toplyva [Features of operation of mobile agricultural equipment when using biodiesel fuel]. Tractors and farm machinery, № 3, 3–6.
6. Zhuravel', D. P. (2015). Metodolohiya obespecheniya nadezhnosti mobil'noy tekhniki pry yspol'zovaniy byolohycheskykh TSM [Methodology ensure the reliability of mobile equipment in the use of biological SCI]. Materyaly VI Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsyy pamyaty I. I. Martynenko. Enerhoobespecheniya tekhnolohycheskykh protsessov v ahropromyshlennom komplekse Ukrainy. Melytopol', 8–9.
7. Kyurchev, V. M., Didur, V. A., Hrachova, L. I. (2012). Al'ternatyvne palyvo dlya enerhetyky APK [Alternative palivo for energy APK]. K.: Ahrarna osvita, 416.
8. Dydur, V. A., Efremov, V. Ya. (1986). Dyagnostyka y obespechenye nadezhnosti hydropryvodov sel'skokhozyaystvennykh mashyn [Diagnostics and reliability of hydraulic drives for agricultural machines]. K.: Tekhnika, 128.
9. Selyvanov, K. V. (2013). Povysheniye efektyvnosti ekspluatatsyy lesozahotovitel'nykh mashyn putem sovershenstvovaniya dyagnostyrovaniya dyzel'noy toplyvnoy apparatury [Improving the efficiency of exploitation of forest machines by improving the diagnosis of diesel fuel systems] : avtoref. dys. na soyskanye uchenoy stepeny kand. tekhn. nauk : spets. 05.21.01 «Tekhnolohiya y mashyny lesozahotovok y lesnoho khozyaystva». Moskov. hos. un-t lesa, M., 17.
10. Fanleyb, B. N. (1974). Toplyvnaya apparatura avtotraktornykh dyzeley [Fuel injection equipment automotive diesel engines]. M.: Mashynostroeniye, 263.
11. Trubnykov, H. Y. (1975). Praktikum, po avtotraktornym dvyhatelyam [Workshop on automotive engines]. M.: Kolos, 192.
12. Trepenenkov, Y. Y. (1985). Ekspluatatsyonnye pokazately sel'skokhozyaystvennykh traktorov [Performance of agricultural tractors]. M.: Mashhyz, 27.
13. Pronnykov, A. S. (1989). Osnovy nadezhnosti y dolhovechnosti mashyn [The basics of reliability and durability of machines]. M.: Yzdatel'stvo standartov, 275.
14. Nykolaenko, A. V. (1982). Teoriya, konstruktsiya y raschet avtomobil'nykh dvyhatel'ey [Theory, design and calculation of automotive engines]. M.: Kolos, 414.
15. Kurchatkin, V. V. (2000). Nadezhnost' y remont mashyn [Reliability and repair of machines]. M.: Kolos, 776.
16. Mykhlyn, V. M. (1984). Upravleniye nadezhnost'yu sel'skokhozyaystvennoy tekhniki [Management of reliability of agricultural machinery]. M.: Kolos, 336.
17. Kanarchuk, V. Ye. Polyans'kiy, S. K., Dmytriiev, M. M. (2003). Nadiynist' mashyn [Reliability of machines] /. K.: Lybid', 424.
18. Chernovol, M. I. (2010). Nadiynist' sil's'kohospodars'koyi tekhniki [Reliability of agricultural machinery]. 2-he vyd., pererobl. i dopov. Kirovohrad: KOD, 168.

НАДІЙНІСТЬ МОБІЛЬНОЇ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ ПРИ ВИКОРИСТАННІ БІОЛОГІЧНИХ ПАЛИВО-МАСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

В. А. Дідур, Д. П. Журавель

Анотація. Енергетична незалежність України – це запорука подальшого соціально-економічного розвитку держави.

Враховуючи те, що Україна забезпечує свої потреби нафти на 85-90% за рахунок імпорту, а ціна на світовому ринку на неї постійно зростає, це не могло не позначитися на критичному збільшенні собівартості сільськогосподарської продукції, зокрема продуктів харчування. Тому необхідність пошуку шляхів заміни нафтового сировини для виробництва паливо-мастильних матеріалів на сировину з поновлюваних джерел, є стратегічним завданням.

У статті розглянуто питання методології визначення показників надійності елементів функціональних систем мобільної техніки, що працюють як на нафтових, так і на біопаливо-мастильних матеріалах. Визначено закони розподілу параметричних відмов, за допомогою яких встановлені середні ресурси. Зіставлені значення середніх ресурсів елементів функціональних систем, що дозволило встановити ланки з найменшими показниками надійності. Розраховані показники надійності основних елементів систем і надійність мобільної техніки в цілому, що працює на різних видах паливо-мастильних матеріалів (ПММ). При роботі на біологічних паливо-мастильних матеріалах всі показники надійності нижче, ніж при роботі на нафтових, що пояснюється агресивним впливом метанолов біопалива і легких фракцій біомасла на конструкційні матеріали.

Ключові слова: мобільна сільськогосподарська техніка, функціональні системи, біопаливо-мастильні матеріали, надійність, біодизель, експлуатаційні витрати, ресурс

RELIABILITY OF MOBILE AGRICULTURAL MACHINERY USE OF BIOLOGICAL FUEL AND LUBRICANTS

V. A. Didur, D. P. Zhuravel

Abstract. Energy independence of Ukraine is the key condition to further economic and social development of the state.

Ukraine meets its requirements in oil by 85-90% due to import. But the oil price in the world market is constantly growing. It could not but affected the dramatic increase of the cost of agricultural products especially foods. Therefore, the necessity of searching the ways to replace oil feedstock for the production of fuels and lubricants by renewable raw materials is a strategic objective.

The paper deals with the methodology for the determination of reliability indices for the elements of the functional systems of mobile machines which operate both on mineral (fossil) and organic fuels and oils. The laws of distribution of parametric failures have been determined. The laws have been used for the assessment of the average resorts. The average resorts values for the elements of functional systems were compared. This allowed to identify the parts with the

lowest reliability. The reliability indices for the main elements of the systems of mobile machinery have been calculated as well as the reliability of the mobile machines in whole. The research has established when working on the organic fuels and lubricants all the reliability characteristics are lower than when running on the petroleum-based fuels and lubricants. The fact may be explained by the aggressive influence of biofuel methanol and light ends of organic oils on the constructional materials.

Key words: *mobile agricultural machinery, functional systems, biofuels and organic oils, reliability, biodiesel, operating costs, resort*

УДК 631.354.2.026

РОБОЧИЙ ПРОЦЕС СТЕБЛОПІДІЙМАЧІВ ЖАТОК ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ ЯК ОБ'ЄКТ МОДЕЛЮВАННЯ

**С. В. Смолінський, кандидат технічних наук
e-mail: s_smolinskyu@meta.ua**

Анотація. В статті наведено механіко-технологічні принципи моделювання робочого процесу стеблепідіймачів жатки зернозбирального комбайна при взаємодії з полеглим стеблостоем зернових культур та копіювання нерівностей поверхні поля, а також обґрунтовано модель ефективного стеблепідіймача. Для забезпечення високих показників якості збирання зернових культур на ділянках з наявним полеглим стеблостоем доцільно в конструкції жатки зернозбирального комбайна встановлювати стеблепідіймачі. Але існуючі конструкції стеблепідіймачів не завжди забезпечують якісне піднімання стебел, оскільки на ефективність роботи впливатимуть як внутрішні, так і зовнішні фактори. Це вимагає проведення системних досліджень. На основі проведеного аналізу обґрунтовано механіко-технологічні принципи моделювання робочого процесу стеблепідіймачів жаток зернозбирального комбайна внаслідок взаємодії пера з полеглим стеблостоем зернових культур та копіювання дном нерівностей поверхні поля, а також запропоновано модель стеблепідіймача, при застосуванні якого забезпечуватиметься висока надійність та ефективність виконання процесу.

Ключові слова: *полегли стебла, стеблепідіймач, піднімання, копіювання, моделювання*

© С. В. Смолінський, 2016

Ключевые слова: *полеглые стебли, стеблеподъемник, поднимание, копирование, моделирование*

WORKFLOW STABLIMA HARVESTERS GRAIN HARVESTERS AS OBJECT MODELING

S. V. Smolinsky

Abstract. *In paper there are the mechanical and technological principles of harvester lifter operation modelling for the lifting of laid grain-crops and the imitation of the field surface. There are grounded the effective lifter model. To ensure high levels of quality of cleaning of grain crops in areas with existing fallen stebleton useful in the design of the harvester combine harvester set stablima. But existing designs stableman not always provide high-quality lifting the stems, since the efficiency is influenced by both internal and external factors. This requires carrying out system studies. On the basis of the analysis substantiated the mechanical and technological principles of modeling workflow stableman harvesters combine harvester due to the interaction of the pen with fallen stebleton cereals and copy the bottom of the uneven surface of the field, and the proposed model stablima, which will provide high reliability and efficiency in the execution of the process.*

Key words: *laid stems, lifter, lifting, imitation, modelling*

УДК 631.24.3

СПОСІБ ПНЕВМАТИЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ ГІДРОРОЗПОДІЛЬНИКІВ НА ГЕРМЕТИЧНІСТЬ

В. А. Дідур, доктор технічних наук

О. І. Мушкевич, магістр

В. В. Паніна, кандидат технічних наук

Таврійський державний агротехнологічний університет

e-mail: didurva@mail.ru; mushkevicho@gmail.com

Анотація. *В статті наведено аналіз способів та засобів пневматичного діагностування герметичності золотникових пар гідророзподільників. Запропоновано пристрій для пневматичної експресдіагностики герметичності золотникових пар. Викладені результати експерименту з випробування пристрою. Отримано залежність швидкості падіння тиску повітря в камері гідророзподільника від сумарного зазору в золотниковій парі. Розроблено пристрій для експресдіагностування, який дозволяє*

© В. А. Дідур, О. І. Мушкевич, В. В. Паніна, 2016

перевірити технічний стан золотникової пари гідророзподільника без демонтування з машини. Розроблена методика для діагностування золотникових пар пристроєм для пневматичної експресдіагностики. Визначено критерій вибраковування золотникових пар за швидкістю падіння тиску до контрольної відмітки, перевищує 10 с. Побудована тарировочна крива, як інструмент діагностики стану золотникової пари по сумарному зазору.

Ключові слова: *гідророзподільник, золотникова пара, пневматичне діагностування, герметичність*

Постановка проблеми. Ресурс роботи гідророзподільників тракторних гідросистем в більшості залежить від ресурсу золотникової пари. Втрата робочої рідини через зазор у парі золотника з корпусом є визначаючим фактором оцінки працездатності гідророзподільника. Рухоме з'єднання “золотник-корпус” повинно бути герметичним та мати можливість перекривати потоки робочої рідини під тиском.

Втрата герметичності у золотниковій парі виникає в процесі експлуатації під впливом зносу, що призводить до самовільного опускання знарядь сільськогосподарської техніки, зниженню ККД гідравлічної системи, втрати функціональності гідророзподільника. Враховуючи важливість золотникової пари в гідравлічній системі, цей елемент потребує своєчасного діагностування.

Перевірка золотникових пар гідророзподільника на герметичність виконується за допомогою стендового обладнання, яке моделює гідравлічну систему трактора з піднятим знаряддям. Підйом «ваги» виконується за рахунок подачі робочої рідини до порожнини гідроциліндра, після цього виконується замір самовільного опускання штока гідроциліндра.

При виникненні проблем в гідросистемі з утриманням знарядь в піднятому положенні, виникає необхідність діагностики гідророзподільника. Перевірка гідророзподільника на стенді потребує його обов'язкового демонтування та встановлення та стаціонарний стенд. Не обов'язково проблема криється в гідророзподільнику, а саме в золотниковій парі. Заради уникнення подібних випадків доцільним було б діагностування гідророзподільників безпосередньо на машині без демонтування, навіть у польових умовах. На сьогоднішній день не існує засобів експресдіагностики стану гідророзподільників, які дозволяють без демонтування провести перевірку на герметичність.

Аналіз останніх досліджень. Серед засобів діагностики на герметичність та щільність, все більше поширення набувають засоби пневматичної діагностики. Повітря як вільний ресурс, більш практичний та економічно доцільний варіант. Прикладом такого стенду для перевірки золотникових пар на гідравлічну щільність є [2].

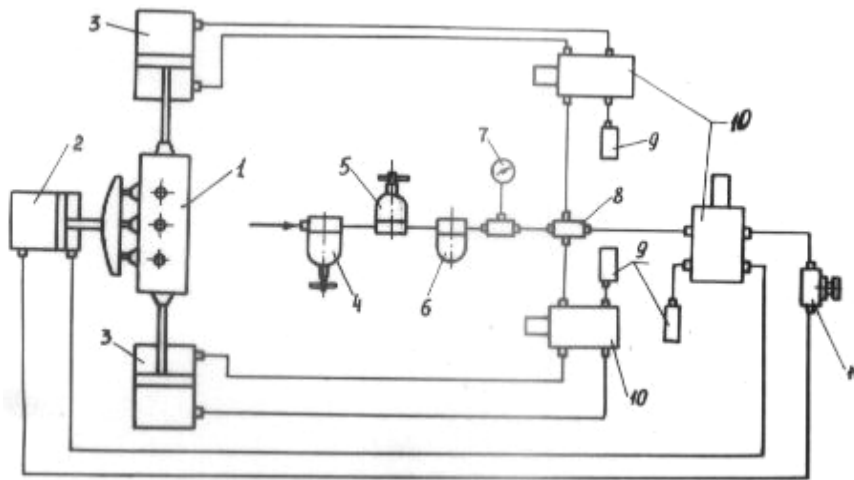


Рис. 1. Стенд для пневматичного діагностування гідророзподільників: 1 – гідророзподільник; 2 – циліндр притискування; 3 – циліндри; 4 – вологовідділювач; 5 – регулятор тиску; 6 – масловідокремлювач; 7 – манометр; 8 – колодка; 9 – глушник; 10 – повітророзподільник; 11 – пневмодросьель.

Серед останніх розробок з напрямку пневматичної перевірки гідророзподільників можна виділити розроблений стенд і технологію діагностування, що базується на вимірюванні витрати стиснутого повітря крізь зазори та подальшого аналітичного розрахунку [5]. Технологія вирішує ряд проблем пов'язаних з пневматичною діагностикою, але не забезпечує мобільної експресдіагностики без демонтування гідророзподільника з машини та має складний алгоритм розрахунку.

Результати досліджень. Пристрій для експресдіагностування герметичної щільності золотникових пар гідророзподільників являє собою ручний пневматичний насос обладнаний манометром, що під'єднується до контрольованої порожнини гідророзподільника за допомогою штуцера. Послідовність процесу діагностування наступна:

- підготувати гідророзподільник до діагностування: від'єднати рукава високого тиску гідросистеми від порожнин, злити мастило;
- під'єднати пристрій до порожнини та зробити контрольну продувку, перемикаючи важіль гідророзподільника;
- перевести важіль в плаваюче положення;
- накачати за допомогою ручного насоса повітря до контрольного тиску 300 мм. рт. ст.;
- ввімкнути секундомір та спостерігати за падінням тиску до 200 мм. рт. ст.;
- зупинити секундомір та під'єднати пристрій до наступної порожнини;
- час падіння тиску повітря від контрольного 300 мм. рт. ст. до 200 мм. рт. ст. повинен становити більше 10 секунд.

Основним критерієм оцінки стану золотникової пари є зазор, який в процесі експлуатації збільшується. Для нового гідророзподільника зазор в парі не повинен перевищувати 8 мкм, тобто 4 мкм крок для переходу в іншу групу, отже 4 мкм на один поясок та 4 мкм на другий. Вибраковочним є зазор який становить 30 мкм. В процесі експериментальних досліджень були проведені контрольні заміри щільності порожнин гідророзподільника, та проведений мікрометраж отворів корпусу гідророзподільника та золотників, для встановлення сумарного зазору в золотниковій парі.

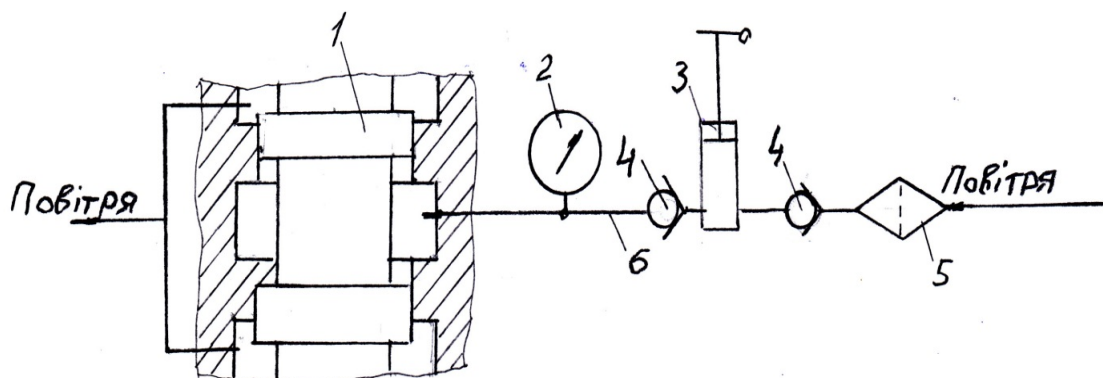


Рис. 2. Схема пристрою для пневматичної діагностики золотникової пари: 1 – золотникова пара; 2 – манометр; 3 – насос ручної підкачки; 4 – зворотній клапан; 5 – фільтр; 6 – з'єднувальна арматура.

Шляхом комбінування золотників 1, 2 та 3 з отворами корпусу 1, 2 та 3, у вибірковому порядку були отримані наступні значення сумарного зазору в порожнинах гідророзподільника та відповідно і швидкості падіння тиску в тих самих порожнинах. Отримані дані дозволили побудувати графічну залежність показника сумарного зазору в золотниковій парі від швидкості падіння тиску повітря в камері гідророзподільника та експоненціальну апроксимаційну криву, яка найближче дозволяє описати залежність. Залежність швидкості падіння тиску в камері гідророзподільника від розміру сумарного зазору в золотниковій парі можна описати наступною функцією:

$$y = 304,82e^{-144,4x}. \quad (1)$$

1. Розміри золотників та отворів корпусу

№ секції	Корпус											
	1				2				3			
№ пояску	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Діаметр пояску, мм	24,982	24,982	24,980	24,986	24,984	24,982	24,984	24,986	24,982	24,982	24,984	24,984

Золотники												
№ секції	1				2				3			
№ пояску	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Діаметр пояску, мм	24,982	24,978	24,970	24,978	24,978	24,982	24,980	24,982	24,980	24,980	24,976	24,978

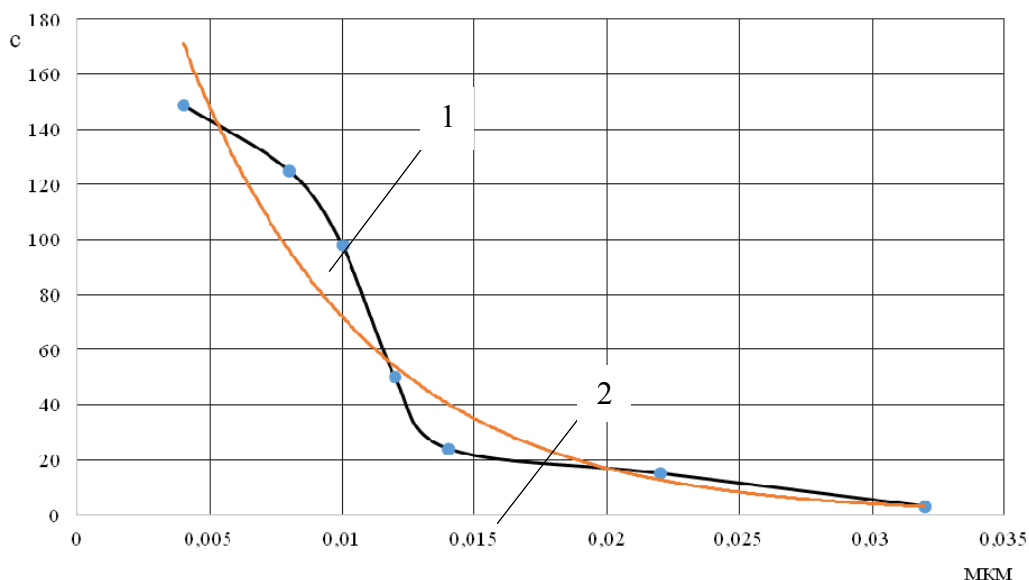


Рис. 3. Залежність швидкості падіння тиску від сумарного зазору в золотниковій парі: 1 – крива побудована по фактичних значеннях; 2 – крива отримана внаслідок експоненціальної апроксимації.

2. Показники сумарного зазору та швидкості падіння тиску

Сумарний зазор, мкм	Час падіння тиску, с
0,004	149
0,008	125
0,010	98
0,012	50
0,014	24
0,022	15
0,032	3

Висновки

1. Розроблено пристрій для експресдіагностування, який дозволяє перевірити технічний стан золотникової пари гідророзподільника без демонтування з машини.
2. Розроблена методика для діагностування золотникових пар пристроєм для пневматичної експресдіагностики.
3. Визначено критерій вибраковування золотникових пар за швидкістю падіння тиску до контрольної відмітки, перевищує 10 с.
4. Побудована тарифовочна крива, як інструмент діагностики стану золотникової пари по сумарному зазору.

Список літератури

1. Дидур В. А. Диагностика и обеспечение надежности гидроприводов сельскохозяйственных машин / В. А. Дидур, В. Я. Ефремов. – К., 1986. – 128 с.
2. Дидур В. А. Технология и средства диагностирования щелевых уплотнений гидроагрегатов / В. А. Дидур, В. Б. Юдовинский, А. В. Грачев, В. Н. Кюрчев. – Информационный листок ЗЦНТИ. – Запорожье, 1988. – №88-033. – 4 с.
3. Мушкевич О. І. Спосіб відновлення герметичності золотникової пари / О. І. Мушкевич, В. В. Панина // Зб. наук. пр. магістрантів та студентів ТДАТУ [електронне видання] / МТФ. – Мелітополь: ТДАТУ, 2012. – Вип. 11. – Т. 1.
4. Патент України на корисну модель №94717, F15B 19/00. Спосіб контролю герметичності золотникової пари в порожнині високого тиску / О. І. Мушкевич ; Опубл. 25.11.2014, Бюл. № 22.
5. Патент Российской Федерации RU 2451217. Способ диагностирования золотниковых гидрораспределителей сжатым воздухом / С. В. Репин ; Опубл. 20.05.2012, Бюл. № 14.
6. Черкун В. Ю. Гідравлічні системи тракторів / В. Ю. Черкун, В. В. Шипов, І. П. Рябко. – К.: Наука, 1984. – 144 с.

References

1. Dydur, V. A., Efremov, V. Ya. (1986). Dyagnostyka y obespechenye nadezhnosti hydropryvodov sel'skokhozyaystvennykh mashyn [Diagnosis and provision of nadezhnosti of hydraulic drives for agricultural machines]. K., 128.
2. Dydur, V. A., Yudovynskyy, V. B., Hrachev, A. V., Kyurchev, V. N. (1988). Tekhnolohyya y sredstva dyahnostyrovanyya shchelevykh uplotnenyy hydroahrehatov [Technology and means of diagnosis of annular seals of hydraulic units]. – Ynformatsyonnyy lystok ZTsNTY. Zaporozh'e, №88-033, 4.
3. Mushkevych, O. I., Panina, V. V. (2012). Sposib vidnovlennya hermetychnosti zolotnykovoyi pary [Method of restoring tightness zolotnik pair]. Zb. nauk. pr. mahistrantiv ta studentiv TDATU [elektronne vydannya] / MTF. – Melitopol': TDATU, 2012, Vyp. 11, T. 1.
4. Patent Ukrayiny na korysnu model' #94717, F15B 19/00. Sposib kontrolyu hermetychnosti zolotnykovoyi pary v porozhnyini vysokoho tysku [Method of leakage testing Zolotnik pair in the cavity of the high pressure] / O. I. Mushkevych ; Opubl. 25.11.2014, Byul. № 22.
5. Patent Rosyyskoy Federatsyy RU 2451217. Sposob dyahnostyrovanyya zolotnykovykh hydroraspredelyteley szhatym vozdukhom [Method of diagnosing the slide valve of hydraulic control valves with compressed air] / S. V. Repyn ; Opubl. 20.05.2012, Byul. № 14.
6. Cherkun, V. Yu., Shypov, V. V., Ryabko, I. P. (1984). Hidravlichni systemy traktoriv [Hydraulic system of tractors]. K.: Nauka, 1984, 144.

СПОСОБ ПНЕВМАТИЧЕСКОГО ДИАГНОСТИКИ ГИДРОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЕЙ НА ГЕРМЕТИЧНОСТЬ

В. А. Дидур, А. И. Мушкевич, В. В. Панина

Аннотация. В статье приведен анализ способов и средств диагностирования пневматического герметичности золотниковых пар гидрораспределителей. Предложено устройство для пневматического экспресс диагностики герметичности золотниковых пар. Изложены результаты эксперимента по испытания устройства. Получена зависимость скорости падения

давления воздуха в камере гидрораспределителя от суммарного зазора в золотниковой паре. Разработано устройство для экспресс диагностики, который позволяет проверить техническое состояние золотниковой пары гидрораспределителя без демонтажа с машины. Разработана методика для диагностирования золотниковых пар устройством для пневматической экспресс диагностики. Определен критерий выбраковки золотниковых пар за скоростью падения давления до контрольной отметки, превышающей 10 сек. Построена тарировочная кривая, как инструмент диагностики состояния золотниковой пары по суммарному зазору.

Ключевые слова: гидрораспределитель, золотникова пара, пневматическое диагностирования, герметичность

METHOD OF DIAGNOSTICS OF PNEUMATIC VALVES FOR LEAKS

V. A. Didur, O. I. Maskevich, V. V. Panina

Abstract. In paper the analysis of methods and means of diagnosing the pneumatic tightness of the slide valve steam control valves. The proposed device for pneumatic expressdigital the tightness of the slide valve pairs. The results of the experiment on the test device. The obtained dependence of the rate of drop of air pressure in the chamber of the valve from the overall gap in spools pair. Device for express-diagnostics which allows to check the technical condition spools pair of valve without removal from the machine. A technique is developed to diagnose the slide valve couples the pneumatic device for express diagnostics. Have defined the criteria for culling the slide valve steam speed pressure drop to control levels greater than 10 seconds. The constructed calibration curve as a tool for diagnosing the state spools pair according to the cumulative gap.

Key words: hydrodispenser, spools pair, compressed air diagnostics, integrity

УДК 631.342.1

ОЦІНКА ЯКОСТІ ЗМІШУВАННЯ КОРМІВ МОБІЛЬНИМ КОМБІНОВАНИМ КОРМОПРИГОТУВАЛЬНИМ АГРЕГАТОМ

I. I. Ревенко, доктор технічних наук
В. С. Хмельовський, кандидат технічних наук
e-mail: hmeltas@online.ua

Анотація. Наведені результати дослідження якості приготування кормів комбінованим агрегатом, який забезпечує

© I. I. Ревенко, В. С. Хмельовський, 2016

давления воздуха в камере гидрораспределителя от суммарного зазора в золотниковой паре. Разработано устройство для экспресс диагностики, который позволяет проверить техническое состояние золотниковой пары гидрораспределителя без демонтажа с машины. Разработана методика для диагностирования золотниковых пар устройством для пневматической экспресс диагностики. Определен критерий выбраковки золотниковых пар за скоростью падения давления до контрольной отметки, превышающей 10 сек. Построена тарировочная кривая, как инструмент диагностики состояния золотниковой пары по суммарному зазору.

Ключевые слова: гидрораспределитель, золотникова пара, пневматическое диагностирования, герметичность

METHOD OF DIAGNOSTICS OF PNEUMATIC VALVES FOR LEAKS

V. A. Didur, O. I. Maskevich, V. V. Panina

Abstract. In paper the analysis of methods and means of diagnosing the pneumatic tightness of the slide valve steam control valves. The proposed device for pneumatic expressdigital the tightness of the slide valve pairs. The results of the experiment on the test device. The obtained dependence of the rate of drop of air pressure in the chamber of the valve from the overall gap in spools pair. Device for express-diagnostics which allows to check the technical condition spools pair of valve without removal from the machine. A technique is developed to diagnose the slide valve couples the pneumatic device for express diagnostics. Have defined the criteria for culling the slide valve steam speed pressure drop to control levels greater than 10 seconds. The constructed calibration curve as a tool for diagnosing the state spools pair according to the cumulative gap.

Key words: hydrodispenser, spools pair, compressed air diagnostics, integrity

УДК 631.342.1

ОЦІНКА ЯКОСТІ ЗМІШУВАННЯ КОРМІВ МОБІЛЬНИМ КОМБІНОВАНИМ КОРМОПРИГОТУВАЛЬНИМ АГРЕГАТОМ

I. I. Ревенко, доктор технічних наук
В. С. Хмельовський, кандидат технічних наук
e-mail: hmeltas@online.ua

Анотація. Наведені результати дослідження якості приготування кормів комбінованим агрегатом, який забезпечує

© I. I. Ревенко, В. С. Хмельовський, 2016

одночасне подрібнення і змішування компонентів з наступним дозованим їх роздаванням рогатій худобі. Апробовано метод оцінки рівномірності змішування кормів за розподілом вологи. Апробація методу оцінки якості змішування за перерозподілом вологи в кормовій суміші для великої рогатої худоби показала повну адекватність результатів порівняно з традиційним методом використання контрольного компоненту. При цьому перший варіант відзначається простотою реалізації, забезпечує можливість швидше визначити рівномірність змішування та може застосовуватись у випадках одночасного подрібнення і змішування кормів. Визначено мінімальний достатній час змішування після введення останнього компоненту в бункер МКПА.

Ключові слова: *кормові компоненти, сумішки, вологість, рівномірність змішування, кормоприготувальний агрегат*

Постановка проблеми. Основою інтенсивного розвитку тваринництва є, як відомо, повноцінна годівля, яка забезпечується виробництвом достатньої кількості кормів, зведенням до мінімуму їх втрат при заготівлі і зберіганні, а також правильною і високоякісною підготовкою до згодовування. А головними факторами повноцінної годівлі є [1]: повний набір незамінних поживних речовин, своєчасне і оптимально узгоджене у кількісному відношенні надходження їх у організми тварин.

Для достатньо повного задоволення потреб тварин кормові раціони повинні бути збалансовані приблизно за 20-ти нормованими показниками для рогатої худоби і за 50-80-ти показниками – для свиней та птиці [2]. Причому число контрольованих показників зростає в міру підвищення рівня інтенсифікації тваринництва.

Аналіз останніх досліджень. Результати наукових досліджень та багаторічного виробничого досвіду свідчать, що з максимальною технологічною ефективністю (за виходом продукції тваринництва) кормові ресурси лише у перероблено вигляді в складі повно раціонних збалансованих сумішок. Встановлено, наприклад [3], що коли в раціонах рогатої худоби (жуйних тварин) не вистачає 20-25% перетравного протеїну, вихід продукції скорочується на 30-35%. При цьому питомі витрати кормів зростають на 30-40%, а собівартість вироблюваної продукції підвищується у 1,5 рази. Затрати ж на обробку кормів в процесі їх підготовки до згодовування менші у 3-4 рази за вартість додатково одержаної завдяки цьому тваринницької продукції [4].

Таким чином підвищення ефективності тваринництва неможливе без правильної підготовки кормів до згодовування [4, 5]. Цей процес може включати різні технологічні операції, серед яких найважливішими і практично обов'язковими є подрібнення вихідних компонентів і приготування з них збалансованих сумішок [6, 7]. В процесі кормоприготування якості продуктів подрібнення

визначають за показниками середнього розміру кормових часток та рівномірності фракційного складу; критерієм якості змішування є рівномірність розподілу кормових компонентів між собою у складі кормової суміші. Останній показник має важливе значення в разі приготування кормових сумішок не для окремих тварин, а для цілих технологічних груп. Традиційно для оцінки рівномірності змішування використовують контрольний компонент (наприклад, відкаліброване насіння буряків, зерна кукурудзи, проса тощо), який додається у кормову суміш в невеликих кількостях [8, 9]. Такий метод займає багато часу і значних затрат праці на його реалізацію, іноді потребує спеціального лабораторного обладнання. В разі виробничої перевірки контрольний компонент, крім того, повинен бути безпечним для подальшого згодовування кормової суміші тваринам. Слід також зазначити, що для випадків одночасного подрібнення і змішування кормів варіант з використанням контрольних компонентів органічного походження суттєво ускладнюється, оскільки після подрібнення їх зовсім неможливо виділити із одержаної сумішки.

У зв'язку з відміченим пошуки і розробка нових методів оцінки якості приготування повноцінних, збалансованих кормових сумішок є досить актуальним і має певну наукову та практичну значимість.

Відомі різні способи оцінки якості змішування подрібнених кормових компонентів. Так, в роботах [10, 11] описано спосіб оцінки рівномірності змішування при приготуванні комбікормів з рідкою жировою добавкою. При цьому коефіцієнт рівномірності визначається методом цифрової обробки зображення. При одночасному подрібненні і змішуванні інгредієнтів комбікорму за контрольний компонент було використано [12] чавунний порошок з розміром часток 0,2-1 мм, що дозволило відділяти його із проб приготовленої сумішки за допомогою магніту.

Вказується також на можливість визначення рівномірності розподілу грубих кормів при випробуванні подрібнювачів-змішувачів за такою ознакою як вологість [9], але цей варіант оцінки практично не має виробничої перевірки. Відомі способи дають можливість використовувати проби мінімально допустимої маси для знаходження концентрації контрольного компоненту, здійснювати розрахунки коефіцієнта рівномірності суміші. Проте способи і методики оцінки якості процесів змішування, зокрема, щодо рівномірності кормових сумішок, потребують подальших досліджень і вдосконалення з метою спрощення самої методики і зменшення трудомісткості їх реалізації.

Мета досліджень. Апробація методу оцінки якості (рівномірності) змішування шляхом перерозподілу вологи в кормових сумішках для рогатої худоби.

Результати досліджень. Гіпотеза методу оцінки рівномірності змішування кормової сумішки без внесення і виділення будь-якого контрольного компоненту ґрунтується на перерозподілі вологи кормових компонентів між собою в процесі їх перемішування.

Відповідно до заданого складу кормового раціону (перелік та нормована доза вихідних компонентів, що входять до його складу) перед приготуванням кормової суміші необхідно визначити вологість кожного з них до завантаження їх в бункер змішувача. Потім слід розрахувати очікувану (теоретичну) вологість сумішки $W_{c.т}$ як середньозважений показник за відомою формулою:

$$W_{c.т} = \frac{m_1 W_1 + m_2 W_2 + \dots + m_n W_n}{m_1 + m_2 + \dots + m_n}, \quad (1)$$

де: m_1, m_2, m_n – маса вихідних компонентів, що входять до складу кормового раціону, кг; W_1, W_2, W_n – вологість відповідних кормових компонентів, %.

В процесі приготування кормової суміші відбирають проби і визначають її фактичну вологість W_{ϕ} . Порівняння фактичної та теоретичної вологості дозволяє оцінювати закономірність розподілу вологи у всьому об'ємі приготовленої сумішки, отже, і рівномірність перемішування кормових компонентів. При цьому ступінь нерівномірності змішування або відхилення від розрахункового значення δ становить:

$$\delta = \frac{W_{c.m} - W_{\phi}}{W_{c.m}} 100\%.$$

Для достовірної оцінки рівномірності змішування за розподілом вологи проби слід відбирати з різних зон усього об'єму змішувача порційної дії або ж через рівні проміжки часу на виході із потокового (безперервної дії) змішувача. Кількість проб приймають залежно від структурного складу кормового раціону, діючих зоотехнічних вимог щодо рівномірності сумішки та необхідної вірогідності результату. Посилаючись на результати наукових досліджень та практики виробничого випробування змішувачів кормів число проб можна рекомендувати від 10 до 120. В роботах [8, 9] відмічається, що в разі приготування вологих сумішок з включенням стеблових та соковитих кормів 20-40 проб забезпечують вірогідність результату 0,95.

Масу проби M_n рекомендується [13] приймати з умови досягнення необхідної точності оцінки. Для варіантів з контрольним компонентом M_n визначається за формулою:

$$M_n = 10^4 V_c \rho \frac{\alpha^2}{\varepsilon^2 k} (1-k),$$

де: V_c – середній об'єм часток контрольного компоненту, см^3 ; ρ – його щільність; $\text{кг}/\text{см}^3$; α – заданий рівень значимості (для вірогідності 0,95 $\alpha = 1,96$); ε – допустима погрішність оцінки, не більше 5 %.

В практиці випробування сільськогосподарської техніки при визначенні якості змішування масу проби приймають [14]: для комбікормових сумішок 5 г, вологих сумішок для свиней та сухих для рогатої худоби 100 і для вологих сумішок рогатій худобі 300 г. У спрощеному варіанті (без попереднього визначення вологості вихідних компонентів та очікуваної вологості сумішки) оцінки рівномірності змішування вологисть приготовленої кормової сумішки приймається як контрольований параметр. Тоді визначається рівномірність вологості у пробах, взятих з усього об'єму сумішки.

Виробничу апробацію методу оцінки якості змішування ми проводили в процесі приготування кормів для великої рогатої худоби мобільним комбінованим кормоприготувальним агрегатом (МКПА), який забезпечував одночасне подрібнення і змішування компонентів з наступним дозованим роздаванням їх у годівниці чи на кормові столи. Дозування вихідних компонентів при завантаженні їх у бункер (рис. 1) здійснювали за допомогою вагового механізму МКПА. Вологисть кормових компонентів та кормової суміші визначали вологоміром ВЛК-01, можна використати також вологомір зерновий (аналог Wile-55, Фінляндія) та ін.

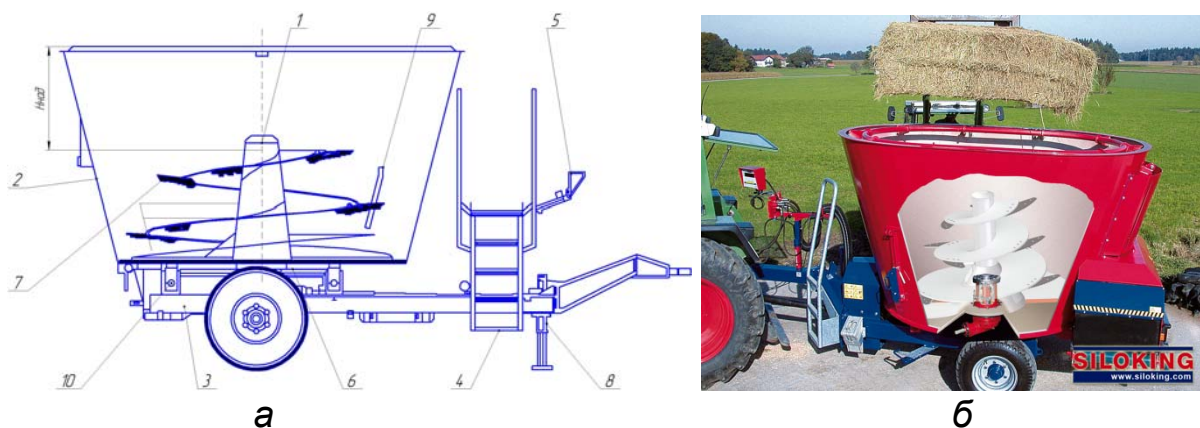


Рис. 1. Схема (а) та загальний вигляд (б) мобільного комбінованого агрегата для приготування і роздавання кормів: 1 – шнек; 2 – бункер; 3 – рама; 4 – драбина; 5 – дисплей системи зважування; 6 – редуктор; 7 – ніж; 8 – лапа підставки; 9 – проти різи; 10 – датчики системи зважування.

В процесі приготування кормової суміші в МКПА змішування відбувається в кілька етапів, в кожному з них перемішуються умовно два кормові компоненти. Таке твердження ґрунтується на принципі роботи МКПА: після завантаження першого кормового компоненту в бункер агрегату останній переїжджає до наступного сховища і в цей час завантажений компонент подрібнюється; потім інший компонент додається в бункер, де відбувається подальше подрібнення з одночасним перемішуванням завантажених компонентів між собою,

утворюючи таким чином сумішку з іншими фізико-механічними властивостями, що відрізняються від початкових. До цього цієї попередньої сумішки, як єдиного умовного компонента, з іншого сховища додається наступний компонент і т.д.

Показники оцінки якості змішування за методом розподілу вологи порівнювали з результатами нерівномірності змішування, визначеними за стандартною методикою, яка передбачає додавання контрольного компонента (насіння цукрових буряків) в кількості 1% по відношенню до маси кормової суміші.

Нерівномірність суміші у варіанті з контрольним компонентом коефіцієнтом варіації v [8, 9, 15]:

$$v = \frac{100}{\bar{X}} \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}},$$

де: X_i – концентрація контрольного компонента в пробах, г;

$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$ – середнє арифметичне відхилення концентрації компонента; n – кількість проаналізованих проб.

Ступінь рівномірності δ сумішки при цьому визначали за виразом:

$$\delta = 100 - v.$$

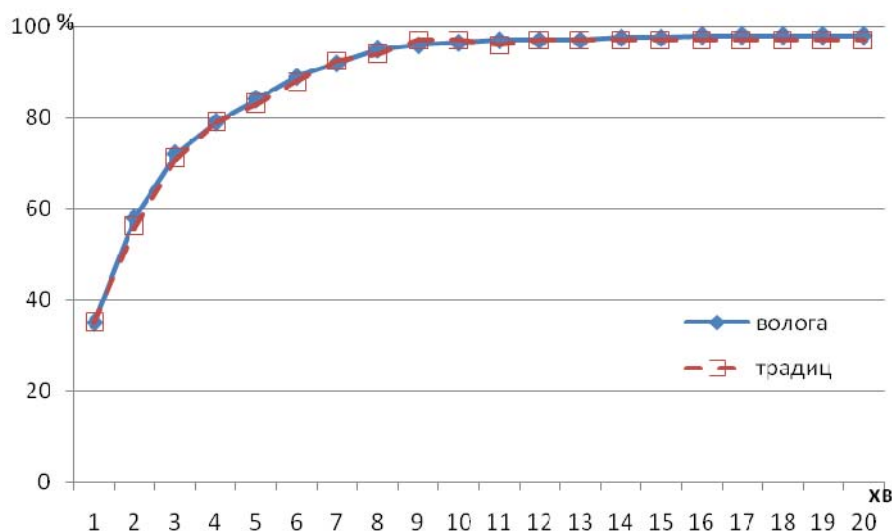


Рис. 2. Залежність якості приготування кормів від часу обробки (після завантаження останнього компонента в бункер МКА): —◇— — показник рівномірності δ визначено за методом перерозподілу вологи; —□— — δ визначено за контрольним компонентом.

Результати проведених досліджень свідчать, що за описаного принципу роботи МКПА процес перемішування відбувається досить інтенсивно (рис. 2): після завантаження останнього кормового

компоненту в бункер агрегата, мінімально допустима зоотехнічними вимогами рівномірність змішування (85%) забезпечується перемішуванням впродовж 6-8 хв. При цьому показники оцінки якості змішування за методом розподілу вологи та контрольного компоненту практично співпадали протягом всього часу обробки кормів.

Висновки

Апробація методу оцінки якості змішування за перерозподілом вологи в кормовій суміші для ВРХ показала повну адекватність результатів порівняно з традиційним методом використання контрольного компоненту. При цьому перший варіант відзначається простотою реалізації, забезпечує можливість швидше визначити рівномірність змішування та може застосовуватись у випадках одночасного подрібнення і змішування кормів.

Визначено мінімальний достатній час змішування після введення останнього компоненту в бункер МКПА.

Список літератури

1. Дмитроченко А. П. Кормление сельскохозяйственных животных / А. П. Дмитроченко, П. Д. Пшеничный. – Л.: Колос, 1975. – 480 с.
2. Корма : справочная книга / Под ред. М. А. Смуригина. – М.: Колос, 1977. – 368 с.
3. Забродський О. Моделі кормової бази для виробництва яловичини / О. Забродський // Тваринництво України. – 1996. – № 5. – С. 20–22.
4. Бабич А. А. Ресурсо- и энергосберегающие технологии производства, хранения и использования кормов / А. А. Бабич, Д. К. Моторный // Под ред. М. В. Зубца. – К.: Урожай, 1986. – 104 с.
5. Ревенко Иван. Качество приготовления и эффективность использования концентрированных и комбинированных кормов / Иван Ревенко, Юлий Ревенко // MOTROL. – Lublin-Rzeszow, 2013. – Vol. 15, № 3. – С. 356–361.
6. Ревенко І. І. Основні принципи ресурсозбереження у кормовиробництві та кормоприготуванні / І. І. Ревенко // Науковий вісник Національного аграрного університету. – К., 1997. – С. 127–133.
7. Ревенко І. І. Ресурсозбережні принципи виробництва продукції тваринництва / І. І. Ревенко // Вісник аграрної науки. – 1998. – Спец. випуск, вересень. – С. 145–151.
8. Кукта Г. М. Технология переработки и приготовления кормов / Г. М. Кукта. – М.: Колос, 1978. – 240 с.
9. Кукта Г. М. Машины и оборудование для приготовления кормов / Г. М. Кукта. – М.: Агропромиздат, 1987. – 303 с.
10. Деркач К. М. Визначення якості змішування комбікорму з рідкою жирною добавкою / К. М. Деркач // Науковий вісник Луганського національного аграрного університету. Серія: технічні науки. – Луганськ: ЛНАУ, 2012. – № 35. – С. 90–98.
11. Деркач К. М. Розробка методу оцінки якості змішування розсипного комбікорму з рідкою жирною добавкою / К. М. Деркач // Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету / техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. – Кіровоград: КНТУ, 2012. – Вин. 25, ч. 1. – С. 107–112.

12. Пат. 25131U (Україна). Спосіб оцінки якості змішування сухих сипких компонентів при одночасному їх подрібненні / Ревенко І. І., Пилипенко О. М., Ревенко Ю. І., Чибис С. М., Хмельовський В. С. – Опубл. бюл. № 11. 25.07.2007.
13. Краснов Д. А. Теоретические основы и формулы определения веса проб / Д. А. Краснов. – М.: Недра, 1969. – 124 с.
14. ОСТ 70.19.2-83. Испытания сельскохозяйственной техники: Машины и оборудование для приготовления кормов. Программа и методы испытаний. – М., 1984. – 114 с.
15. Кукта Г. М. Оценка процессов смешивания кормов / Г. М. Кукта, А. И. Голосов, А. Ш. Финкельштейн // Механизация и электрофикация социалистического сельского хозяйства. – 1969. – № 2. – С. 48–51.

References

1. Dmytrochenko, A. P., Pshenychnyy, P. D. (1975). Kormlenye sel'skokhozyaystvennykh zhyvotnykh [Feeding farm animals]. L.: Kolos, 480.
2. Smuryhyna, M. A. (1977). Korma : spravochna knyha [Food : reference book] / Pod red. M.: Kolos, 368.
3. Zabrods'kyy, O. (1996). Modeli kormovoyi bazy dlya vyrobnytstva yalovychyny [Model forage base for beef production]. Farming In Ukraine, 5, 20–22.
4. Babych, A. A., Motornyy, D. K. (1986). Resurso- y enerhosberyhayushchye tekhnolohyy proyzvodstva, khranenyia y yspol'zovanyia kormov [Resource and energy saving technology of production, storage and use of feed]. Pod red. K.: Urozhay, 104.
5. Revenko, Ivan. Revenko, Yulyy. (2013). Kachestvo pryhotovlenyya y efektyvnost' yspol'zovanyia kontsentryrovannykh y kombynyrovannykh kormov [Cooking quality and efficiency in the use of concentrates and combined forages]. MOTROL. Lublin-Rzeszow, Vol. 15, 3, 356–361.
6. Revenko, I. I. (1997). Osnovni pryntsypy resursozberezhennya u kormovyrobnytstvi ta kormopryhotuvanni [Basic principles of resource saving in feed production and cosmopiltan]. Scientific Bulletin of National Agrarian University. K., 127–133.
7. Revenko, I. I. (1998). Resursozberezhni pryntsypy vyrobnytstva produktsiyi tvarynnystva [Resurs saving principles of livestock production]. Bulletin of Agricultural Science, Spets. vypusk, veresen', 145–151.
8. Kukta, H. M. (1978). Tekhnolohyya pererabotky y pryhotovlenyya kormov [Technology of processing and preparation of feed]. M.: Kolos, 240.
9. Kukta, H. M. (1987). Mashyny y oborudovanye dlya pryhotovlenyya kormov [Machines and equipment for preparation of feed]. M.: Ahropromyzdat, 303.
10. Derkach, K. M. (2012). Vyznachennya yakosti zmishuvannya kombikormu z ridkoyu zhyrovoyu dobavkoyu [Determine the quality of mixing of feed with liquid fat supplement]. Naukovyy visnyk Luhans'koho natsional'noho ahrarnoho universytetu. Seriya: tekhnichni nauky. Luhans'k: LNAU, 35, 90–98.
11. Derkach, K. M. (2012). Rozrobka metodu otsinky yakosti zmishuvannya rozsyphnoho kombikormu z ridkoyu zhyrovoyu dobavkoyu [Development of a method to assess the quality of mixing of loose mixed fodder with liquid fatty addition]. Zbirnyk naukovykh prats' Kirovohrads'koho natsional'noho tekhnichnoho universytetu / tekhnika v sil's'kohospodars'komu vyrobnytstvi, haluzeve mashynobuduvannya, avtomatyzatsiya. – Kirovohrad: KNTU, Vyn. 25, ch. 1, 107–112.
12. Pat. 25131U (Ukrayina). Sposib otsinky yakosti zmishuvannya sukhykh syppykh komponentiv pry odnochasnomu yikh podribnenni [Method of evaluation of the

quality of mixing the dry granular components, while grinding] / Revenko, I. I., Pylypenko, O. M., Revenko, Yu. I., Chybys, S. M., Khmel'ovs'kyy, V. S. Opubl. byul. № 11. 25.07.2007.

13. Krasnov, D. A. (1969). Teoretycheskiye osnovy y formuly opredelenyya vesa prob [Theoretical basis and formulas for determining weight of samples]. M.: Nedra, 124.

14. OST 70.19.2-83. (1984). Ysptyanyya sel'skokhozyaystvennoy tekhnky: Mashyny y oborudovanye dlya pryhotovlenyya kormov. Prohramma y metody ysptyanyy [Testing of agricultural machinery: Machinery and equipment for feed preparation. Program and test methods]. M., 1984. 114.

15. Kukta, H. M., Holosov, A. Y., Fynkel'shteyn, A. Sh. (1969). Otsenka protsessov smeshyvanyya kormov [Evaluation of processes of mixing the feed]. Mechanization and electrification of agriculture, 2, 48–51.

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА СМЕШИВАНИЯ КОРМОВ МОБИЛЬНЫМ КОМБИНИРОВАННЫМ КОРМОПРИГОТУВАЛЬНЫМ АГРЕГАТОМ

И. И. Резенко, В. С. Хмелевский

Аннотация. Приведены результаты исследования качества приготовления кормов комбинированным агрегатом, который обеспечивает одновременное измельчение и смешивание компонентов с последующим дозированным их раздачей рогатому скоту. Апробирован метод оценки равномерности смешивания кормов за распределением влаги. Апробация метода оценки качества смешения за перераспределением влаги в кормовой смеси для крупного рогатого скота показала полную адекватность результатов по сравнению с традиционным методом использования контрольного компонента. При этом первый вариант отличается простотой реализации, обеспечивает возможность быстрее определить равномерность смешивания и может применяться в случаях одновременного измельчения и смешивания кормов. Определен минимальный достаточное время смешивания после введения последнего компонента в бункер МКПА.

Ключевые слова: кормовые компоненты, смеси, влажность, равномерность смешивания, кормоприготовительный агрегат

ASSESSMENT OF QUALITY OF FEED MIXING MOBILE COMBINED FEEDPREPARE THE UNIT

I. I. Revenko, S. V. Khmielovsky

Abstract. The results of the research of quality of preparation of feed combined unit, which enables simultaneous grinding and mixing of components with subsequent dosed their distribution of cattle. Tested a method of evaluating the uniformity of feed mixing and for water distribution. Testing method of evaluating the quality of mixing during the redistribution of moisture in the feed mixture for cattle showed complete adequacy of the results compared to the traditional method of using a

test component. In this first embodiment is characterized by ease of implementation, provides the ability to quickly to determine the uniformity of mixing and can be used in cases of simultaneous grinding and mixing feed. Determination of minimum sufficient mixing time after the introduction of the last component in the bunker МКРА.

Key words: *feed ingredients, mixture, moisture content, uniformity of mixing, armoricaine unit*

УДК 662.763.3

ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ І РЕЖИМІВ ОБ'ЄМНОГО ПРОМИВАННЯ БІОДИЗЕЛЯ

О. В. Поліщук, Н. І. Козак, магістри
В. М. Поліщук, С. Є. Тарасенко, кандидати технічних наук
e-mail: polischuk.v.m@gmail.com

Анотація. Обґрунтована необхідність очищення біодизеля від лужного каталізатора. Описаний спосіб та приведена методика очищення біодизеля шляхом об'ємного промивання. Встановлене незадовільне очищення біодизеля від каталізатора при об'ємному промиванні. При об'ємному промиванні за допомогою лопатевих мішалок лужність біодизеля з часом зростає, що можна пояснити розбиванням пластинок цитрату калію на більш дрібні в результаті механічного перемішування та поганого їх переходу від шару біодизеля до шару води. Отже, об'ємне промивання протягом чотирьох годин незадовільно звільняє біодизель від каталізатора.

Ключові слова: *біодизель, лимонна кислота, нейтралізація, цитрат калію, мішалка*

Постановка проблеми. При виробництві біодизеля за традиційною технологією застосовується лужний каталізатор (як правило, гідроксид калію), який викликає корозію алюмінієвих деталей двигуна та роз'їдає гумові прокладки [1]. Тому біодизель звільняється від каталізатора шляхом нейтралізації слабким водним розчином лимонної кислоти [2] з утворенням солей (цитрату калію), які утворюють дрібні пластинки, осадження яких займає значний час [3]. Одним із способів звільнення біодизеля від пластинок цитрату калію є його об'ємне промивання. Для цього змішуються рівні кількості води та біодизеля, після чого вони перемішуються, відстоюються, вода зливається, і процес повторюється багато разів [4].

test component. In this first embodiment is characterized by ease of implementation, provides the ability to quickly to determine the uniformity of mixing and can be used in cases of simultaneous grinding and mixing feed. Determination of minimum sufficient mixing time after the introduction of the last component in the bunker МКРА.

Key words: *feed ingredients, mixture, moisture content, uniformity of mixing, armoricaine unit*

УДК 662.763.3

ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ І РЕЖИМІВ ОБ'ЄМНОГО ПРОМИВАННЯ БІОДИЗЕЛЯ

О. В. Поліщук, Н. І. Козак, магістри
В. М. Поліщук, С. Є. Тарасенко, кандидати технічних наук
e-mail: polischuk.v.m@gmail.com

Анотація. Обґрунтована необхідність очищення біодизеля від лужного каталізатора. Описаний спосіб та приведена методика очищення біодизеля шляхом об'ємного промивання. Встановлене незадовільне очищення біодизеля від каталізатора при об'ємному промиванні. При об'ємному промиванні за допомогою лопатевих мішалок лужність біодизеля з часом зростає, що можна пояснити розбиванням пластинок цитрату калію на більш дрібні в результаті механічного перемішування та поганого їх переходу від шару біодизеля до шару води. Отже, об'ємне промивання протягом чотирьох годин незадовільно звільняє біодизель від каталізатора.

Ключові слова: *біодизель, лимонна кислота, нейтралізація, цитрат калію, мішалка*

Постановка проблеми. При виробництві біодизеля за традиційною технологією застосовується лужний каталізатор (як правило, гідроксид калію), який викликає корозію алюмінієвих деталей двигуна та роз'їдає гумові прокладки [1]. Тому біодизель звільняється від каталізатора шляхом нейтралізації слабким водним розчином лимонної кислоти [2] з утворенням солей (цитрату калію), які утворюють дрібні пластинки, осадження яких займає значний час [3]. Одним із способів звільнення біодизеля від пластинок цитрату калію є його об'ємне промивання. Для цього змішуються рівні кількості води та біодизеля, після чого вони перемішуються, відстоюються, вода зливається, і процес повторюється багато разів [4].

Мета досліджень – дослідити об'ємне промивання біодизеля та встановити його оптимальні параметри і режими для забезпечення заданих показників його якості.

Результати досліджень. В стакан об'ємом 300 мл вливалось 1/3 біодизеля після нейтралізації і 2/3 води. Стакан за допомогою штатива поміщався в термостат ТЖ-ТС-01/16, на якому встановлювалась температура 40°C. Перемішування здійснювалось за допомогою дволопатевої мішалки з трьома лопатями на валу (рис. 1, а) і чотирилопатевої мішалки з похилими лопатями (рис. 1, б). Привод мішалок здійснювався від перемішуючого пристрою EUROSTAR digital (рис. 2).



а)



б)

Рис. 1. Мішалки: а – лопатева з трьома лопатями на валу; б – чотирилопатева з похилими лопатями.



Рис. 2. Дослідження об'ємного промивання біодизеля.

Частота обертання лопатевої мішалки становила 100, 200, 300 і 400 об/хв. (при більших частотах обертання утворена воронка досягала дна стакану), чотирилопатевої мішалки з похилими лопатями: 200, 350, 500, 650 об/хв.

Час проведення досліду займав 4 год. Відбір проб біодизеля для визначення його лужності здійснювався через кожну годину. Також через кожну годину відбувалась заміна забрудненої води на чисту. Динаміка зміни лужності біодизеля наведена на рис. 3 (для дволопатевої мішалки) і на рис. 4 (для чотирилопатевої мішалки з похилими лопатями). Як видно із рис. 3 і рис. 4, при об'ємному промиванні за допомогою лопатевих мішалок лужність біодизеля з часом зростає, що можна пояснити розбиванням пластинок цитрату калію на більш дрібні в результаті механічного перемішування та

поганого їх переходу від шару біодизеля до шару води. Отже, об'ємне промивання протягом чотирьох годин незадовільно звільняє біодизель від залишків каталізатора.

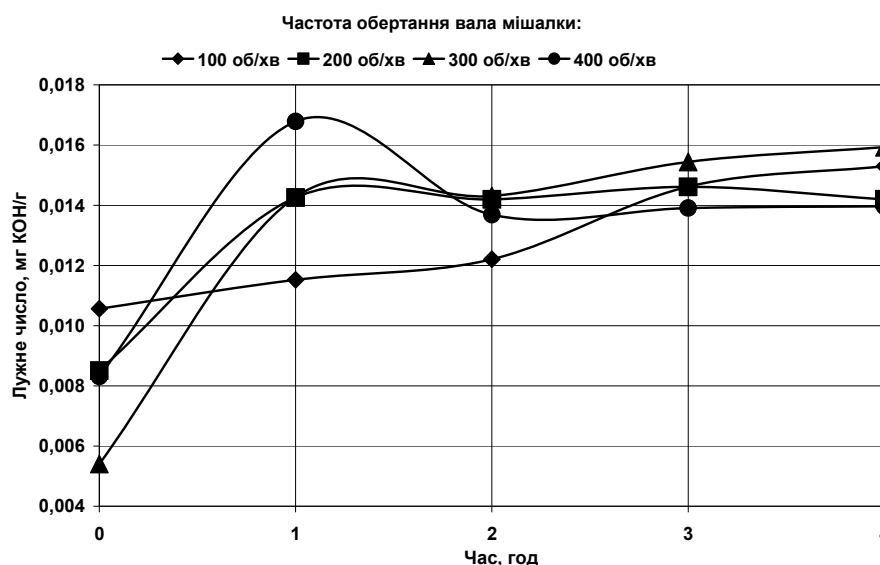


Рис. 3. Динаміка зміни лужності біодизеля в часі при об'ємному промиванні за допомогою лопатевої мішалки.

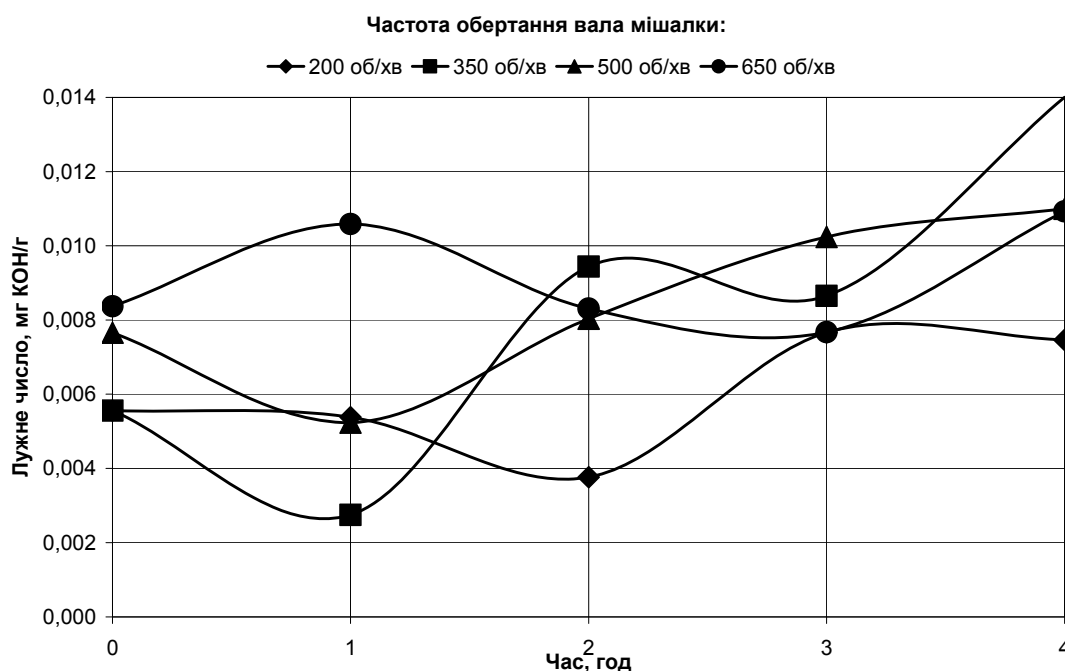


Рис. 4. Динаміка зміни лужності біодизеля в часі при об'ємному промиванні за допомогою чотирилопатевої мішалки з похилими лопатями.

Висновок. При об'ємному промиванні за допомогою лопатевих мішалок лужність біодизеля з часом зростає, що можна пояснити розбиванням пластинок цитрату калію на більш дрібні в результаті механічного перемішування та поганого їх переходу від шару

біодизеля до шару води. Отже, об'ємне промивання протягом чотирьох годин незадовільно звільняє біодизель від каталізатора.

Список літератури

1. Дубровін В. О. Аналіз технічних засобів для виробництва біодизеля / В. О. Дубровін, В. Г. Мироненко, В. М. Поліщук // Механізація та електрифікація сільського господарства. – Глеваха, 2011. – Вип. 95. – С. 317–322.
2. Поліщук О. В. Особливості очищення біодизеля / О. В. Поліщук // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування. Серія: техніка та енергетика АПК. – К., 2014. – Вип. 196, ч. 2. – С. 107–111.
3. Полищук А. В. Теоретические основы промывки биодизеля / А. В. Полищук, Н. И. Козак, А. А. Мироненко, В. Н. Полищук, Т. А. Билько // Сборник научных трудов SWorld. – Иваново: Маркова АД, 2014. – Вип. 4(37). – Т. 7. – ЦИТ. 414-008. – С. 92–98.
4. Полищук О. В. "Мокрі" способи очищення біодизеля / О. В. Поліщук, Н. І. Козак, В. М. Поліщук // Збірник наукових праць за матеріалами IX міжнародної науково-практичної інтернет-конференції "Наука і життя: сучасні тенденції, інтеграція в світову наукову думку" (29-31 травня 2014 р.). – К: ТОВ "ТК Меганом", 2014. – С. 67–72.

References

1. Dubrovin, V. O., Myronenko, V. H., Polishchuk, V. M. (2011). Analiz tekhnichnykh zasobiv dlya vyrobnytstva biodyzelya [Analysis of technical means for the production of biodiesel]. Mechanization and electrification of agriculture. Hlevakha, Vyp. 95, 317–322.
2. Polishchuk, O. V. (2014). Osoblyvosti ochyshchennya biodyzelya [Features clean biodiesel]. Naukovyy visnyk Natsional'noho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannya. Seriya: tekhnika ta enerhetyka APK. K., Vyp. 196, ch. 2, 107–111.
3. Polyshchuk, A. V., Kozak, N. Y., Myronenko, A. A., Polyshchuk, V. N., Byl'ko, T. A. (2014). Teoretycheskye osnovy promyvky byodyzelya [Theoretical basis for the washing of biodiesel]. Sbornyk nauchnykh trudov SWorld. Ivanovo: Markova AD, Vyp. 4(37), T. 7, TsYT, 414-008, 92–98.
4. Polyshchuk, O. V., Kozak, N. I., Polishchuk, V. M. (2014). "Mokri" sposoby ochyshchennya biodyzelya [Wet methods of cleaning biodiesel]. Zbirnyk naukovykh prats' za materialamy IX mizhnarodnoyi naukovo-praktychnoyi internet-konferentsiyi "Nauka i zhyttya: suchasni tendentsiyi, inte hratsiya v svitovu naukovu dumku" (29-31 travnya 2014 r.). K: TOV "TK Mehanom", 67–72.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ И РЕЖИМОВ ОБЪЕМНОГО ПРОМЫВАНИЯ БИОДИЗЕЛЯ

О. В. Полищук, Н. И. Козак, В. М. Полищук, С. Е. Тарасенко

Аннотация. Обоснована необходимость очистки биодизеля от щелочного катализатора. Описан способ и приведена методика очистки биодизеля путем объемного промывания. Установлена неудовлетворительная очистка биодизеля от катализатора при объемном промывании. Обоснована необходимость очистки биодизеля от щелочного катализатора. Описанный способ и приведена методика очистки биодизеля

путем объемного промывания. Установлено неудовлетворительное очищение биодизеля от катализатора при объемном промывании. При объемном промывании при помощи лопастных мешалок щелочность биодизеля со временем возрастает, что можно объяснить разбросом пластинок цитрата калия на более мелкие в результате механического перемешивания и плохого их перехода от слоя биодизеля до слоя воды. Итак, объемное промывание в течение четырех часов неудовлетворительно освобождает биодизель от катализатора.

Ключевые слова: биодизель, лимонная кислота, нейтрализация, цитрат калия, мешалка

RESEARCH PARAMETERS AND MODES OF WASHING VOLUMETRIC BIODIESEL

O. V. Polishchuk, N. I. Kozak, V. M. Polishchuk, S. Ye. Tarasenko

Abstract. *The necessity of purification of biodiesel from the alkaline catalyst. The described method and the method of purification of biodiesel by volume lavage. Fitted unsatisfactory cleaning of the biodiesel from the catalyst at a high volume lavage. When the volume lavage using paddle stirrers alkalinity of biodiesel increases with time, which can be explained by variation records of the potassium citrate into smaller as a result of mechanical mixing and poor transition from the layer of biodiesel to the water layer. So, volume lavage within four hours of unsatisfactory exempts biodiesel from the catalyst.*

Key words: *biodiesel, citric acid, neutralization, potassium citrate, mixer*

УДК 621.7.002

АНАЛИТИЧЕСКИЙ ПОДХОД В АНАЛИЗЕ НЕСТАЦИОНАРНЫХ КОЛЕБАНИЙ ВИБРАТОРОМ ДЛЯ ПОВЕРХНОСТНОГО УПЛОТНЕНИЯ БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

Ю. В. Човнюк, В. Т. Кравчук, И. Н. Сивак,
кандидаты технических наук
e-mail: sivakim@ukr.net

Аннотация. *Предложен аналитический подход для анализа нестационарных колебаний вибратором, предназначенного для уплотнения бетонных смесей. Учтены виды вязкого и сухого трения, а также линейный закон изменения частоты возмущающей силы со временем. Вибраторы для поверхностного*

© Ю. В. Човнюк, В. Т. Кравчук, И. Н. Сивак, 2016

путем объемного промывания. Установлено неудовлетворительное очищение биодизеля от катализатора при объемном промывании. При объемном промывании при помощи лопастных мешалок щелочность биодизеля со временем возрастает, что можно объяснить разбросом пластинок цитрата калия на более мелкие в результате механического перемешивания и плохого их перехода от слоя биодизеля до слоя воды. Итак, объемное промывание в течение четырех часов неудовлетворительно освобождает биодизель от катализатора.

Ключевые слова: биодизель, лимонная кислота, нейтрализация, цитрат калия, мешалка

RESEARCH PARAMETERS AND MODES OF WASHING VOLUMETRIC BIODIESEL

O. V. Polishchuk, N. I. Kozak, V. M. Polishchuk, S. Ye. Tarasenko

Abstract. *The necessity of purification of biodiesel from the alkaline catalyst. The described method and the method of purification of biodiesel by volume lavage. Fitted unsatisfactory cleaning of the biodiesel from the catalyst at a high volume lavage. When the volume lavage using paddle stirrers alkalinity of biodiesel increases with time, which can be explained by variation records of the potassium citrate into smaller as a result of mechanical mixing and poor transition from the layer of biodiesel to the water layer. So, volume lavage within four hours of unsatisfactory exempts biodiesel from the catalyst.*

Key words: *biodiesel, citric acid, neutralization, potassium citrate, mixer*

УДК 621.7.002

АНАЛИТИЧЕСКИЙ ПОДХОД В АНАЛИЗЕ НЕСТАЦИОНАРНЫХ КОЛЕБАНИЙ ВИБРАТОРОМ ДЛЯ ПОВЕРХНОСТНОГО УПЛОТНЕНИЯ БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

Ю. В. Човнюк, В. Т. Кравчук, И. Н. Сивак,
кандидаты технических наук
e-mail: sivakim@ukr.net

Аннотация. *Предложен аналитический подход для анализа нестационарных колебаний вибратором, предназначенного для уплотнения бетонных смесей. Учтены виды вязкого и сухого трения, а также линейный закон изменения частоты возмущающей силы со временем. Вибраторы для поверхностного*

© Ю. В. Човнюк, В. Т. Кравчук, И. Н. Сивак, 2016

уплотнения бетонных смесей относятся к вибросистемам с динамической нелинейностью, т.е. такой нелинейностью, которая проявляется только при движении. Вообще говоря, к вибросистемам с динамической нелинейностью относятся колебательные системы большинства машин вибрационного действия, применяемых в строительстве, у которых силы неупругого сопротивления (демпфирования) изменяются непропорциональностью скорости движения в первой степени.

В процессе работы вибромашинами возникают различные по своей природе неупругие сопротивления. Все эти сопротивления по-разному изменяются в зависимости от смещения элементов колебательной системы вибромашины. Каждое из них влияет на форму и атмосферу колебаний, а также на расход энергии. Резумирующую всех неупругих сопротивлений вибросистемы можно представить как многокомпонентные сопротивление, состоящее из суммы одновременно действующих однокомпонентных сопротивлений.

Ключевые слова: *аналитический подход, анализ, нестационарные колебания, поверхностное уплотнение*

Постановка проблемы. Известно [1, 2], что при запуске машин (в частности, вибраторов для поверхностного уплотнения бетонных смесей) амплитуда и частота возмущений, обусловленных неуравновешенностью вращательно или постарательно двух пружинящихся масс, изменяются вследствие изменений условий скорости, вала машин.

Анализ последних исследований. Колебания, происходящие под действием возмущающих сил с переменной частотой, являются нестационарными [2]. Они возникают также в системах у которых течением времени изменяются масса или восстанавливающие силы, как это имеет место, например, у объектов переменной массы или объектов, двух пружинящихся в среде переменной плотности, когда восстановленные моменты, пропорциональные скоростному напору, являются функциями скорости и высоты полёта.

Вибраторы для поверхностного уплотнения бетонных смесей относятся к вибросистемам с динамической нелинейностью, т.е. такой нелинейностью, которая проявляется только при движении. Вообще говоря, к вибросистемам с динамической нелинейностью относятся колебательные системы большинства машин вибрационного действия, применяемых в строительстве, у которых силы неупругого сопротивления (демпфирования) изменяются непропорциональностью скорости движения в первой степени. В процессе работы вибромашинами возникают различные по своей

природе неупругие сопротивления. Все эти сопротивления по-разному изменяются в зависимости от смещения элементов колебательной системы вибромашины. Каждое из них влияет на форму и атмосферу колебаний, а также на расход энергии.

Цель исследований. Резюмирующую всех неупругих сопротивлений вибросистемы можно представить как многокомпонентное сопротивление, состоящее из суммы одновременно действующих однокомпонентных сопротивлений. В качестве однокомпонентных сопротивлений в данном исследовании нестационарных колебаний вибраторов для поверхностного уплотнения бетонных смесей, работающих в режиме разгона, рассматриваются:

1) сопротивление, зависящее линейно от скорости (т.н. вязкое / Ньютоновское трение);

2) постоянное по величине сопротивление сухого трения; исправление резюмирующего многокомпонентного сопротивления, так же как и направление его отдельных компонентов, всегда равноположно скорости.

Результаты исследований. Рассмотрим нестационарные колебания указанного выше вибратора и проведем анализ его вынужденных колебаний в рамках простейшей модели линейной системы с одной степенью свободы движения, находящейся под действием возмущающей силы, частота которой изменяется по линейному закону в зависимости от времени (t).

Следует отметить, что в данном исследовании, с отличием от работ [1, 2], учтены вязкие и сухие трения. Уравнение нестационарных колебаний линейной системы с одной степенью свободы движения под действием (возмущающей силы) в предположении, что источник энергии обладает достаточно большой мощностью, сводится к следующему виду:

$$M \ddot{x} + \beta \cdot \dot{x} + F \cdot \frac{\dot{x}}{|\dot{x}|} + C \cdot x = P(t) \cdot \cos \{ \theta(t) \},$$

где: M – масса вибратора, включающая присоединённую массу уплотнённой поверхности способом бетонной смеси; β – коэффициент вязкого сопротивления; $F = k \cdot Mg$, k – коэффициент трения скольжения (в законе Купона – Амонтона), g – ускорение свободного падения; C – жёсткость вибросистемы; $P(t)$ – амплитуда возмущающей силы, зависящих от времени; $\theta(t)$ – мгновенная фаза указанной силы также зависящих от времени; $X(t)$ – линейное перемещение вибраторов; $\dot{x} = \frac{dx}{dt}$; $\ddot{x} = \frac{d^2x}{dt^2}$.

При этом частота внешней силы $\omega = \frac{d\theta}{dt}$, является некоторой функцией времени (t); в простейшем случае это линейная функция t :

$$\omega(t) = \zeta \cdot t,$$

где: $\xi = \text{const} > 0$ – скорость изменения частоты $\nu(t)$.

После решения на M левой и правой части уравнения введения обозначений:

$$\mu = \frac{\beta}{M}; \quad \dot{F} = \frac{F}{M}; \quad \Omega^2 = \frac{C}{M}; \quad P(t) = \frac{P(t)}{M},$$

Вместо (1) можно получить:

$$\ddot{X} = \mu \cdot \dot{X} + \dot{F} \cdot \frac{\dot{X}}{|\dot{X}|} + \Omega^2 \cdot X = P(t) \cdot \cos\{\theta(t)\}.$$

Для удобства решения уравнения (3) введём комплексную переменную z :

$$X(t) = \text{Re}\{z(t)\}.$$

Удовлетворяет уравнению:

$$\frac{d^2 z}{dt^2} + \mu \cdot \frac{dz}{dt} + \dot{F} \cdot \frac{\dot{z}}{|\dot{z}|} + \Omega^2 \cdot z = P(t) \cdot e^{-i \cdot \theta(t)}, \quad i^2 = -1.$$

Решение уравнения (5), описывающее вынужденные нестационарные колебания, будем находить методом вариации произвольных постоянных [4].

Если исключить в решении уравнения (5) члены описывающие затухающие собственные колебания вибросистемы, ... $Z(0) = 0$, $\dot{Z}(0) = 0$, тогда получим частное решение:

$$Z(t) = \frac{1}{k_1} \cdot \int_0^t \{ \tilde{P}(r) \cdot e^{-i \cdot \theta(r)} - F^* \} \cdot \exp\left[-\frac{M}{2} \cdot (t-r)\right] \cdot \sin[k_1(t-r)] dr,$$

где: $k_1 = \sqrt{\Omega^2 - \mu^2/4}$; $\theta = \frac{\varepsilon \cdot t^2}{2} + \delta$ (δ – начальная фаза); $F^* = \tilde{F} \cdot \frac{\dot{Z}}{|\dot{Z}|}$.

Интеграл (6) не выражается через известные элементарные функции, а его вычисление сокращено с определенными трудностями, т.к. подынтегральная функция является колеблющейся и на интервале времени, равному одному периоду $T = 2\pi/\Omega$, приходится вычислять её для значительного числа точек, а на конечном интервале времени объём вычислительной работы становится весьма значительным.

Интервал (6) может быть выражен через интеграл вероятности от комплексного аргумента $W(z)$ [3]. Эти интегралы табулированы, что упрощает решение задачи:

$$\begin{aligned} \check{z}(t) = & \frac{(i-1)}{2k_1 \cdot \sqrt{\varepsilon}} \cdot [\exp(-v^2) \cdot \int_{v_0}^v P \cdot \exp(v^2) dv + \exp(-u^2) \cdot \\ & \int_{u_0}^u P \cdot \exp(u^2) du] \cdot e^{-i\theta(t)} - \frac{F^*}{k_1} \cdot \frac{k_1}{(k_1^2 + \mu^2/4)} \cdot \left\{ 1 - \exp\left(-\frac{\mu}{2} \cdot t\right) \cdot \left[\cos(k_1 \cdot t) + \right. \right. \\ & \left. \left. \frac{\mu}{2 \cdot k_1} \cdot \sin(k_1 \cdot t) \right] \right\} = \frac{(i-1)}{2b_1 \cdot \sqrt{\varepsilon}} \cdot [\exp(-v^2) \cdot \int_{v_0}^v P \cdot \exp(v^2) dv + \exp(-u^2) \cdot \\ & \int_{u_0}^u P \cdot \exp(u^2) du] \cdot e^{-i\theta(t)} - \frac{F^*}{\Omega^2} \cdot \left\{ 1 - \exp\left(-\frac{\mu}{2} \cdot t\right) \cdot \left[\cos(k_1 \cdot t) + \frac{\mu}{2 \cdot k_1} \cdot \right. \right. \\ & \left. \left. \sin(k_1 \cdot t) \right] \right\} \end{aligned}$$

$$\text{где: } u_0 = \frac{(1-i)}{2\sqrt{\varepsilon}} \cdot \left(i \cdot \frac{\mu}{2} - k^1 \right); v_0 = \frac{(i-1)}{2\sqrt{\varepsilon}} \cdot \left(i \cdot \frac{\mu}{2} + k^1 \right) \\ u = \frac{(1-i)}{2\sqrt{\varepsilon}} \cdot \left(\varepsilon \tau - k^1 + i \cdot \frac{\mu}{2} \right); v = \frac{(i-1)}{2\sqrt{\varepsilon}} \cdot \left(\varepsilon \cdot \tau + k^1 + i \cdot \frac{\mu}{2} \right)$$

Представим первое слагаемое $z(t)$ в (7) как $z_1(t)$, а второе как $z_2(t)$. Тогда можно записать:

$$Z(t) = \operatorname{Re}\{Z_1(t)\} + i * \operatorname{Im}\{Z_1(t)\} - \operatorname{Re}\{Z_2(t)\} - i * \operatorname{Im}\{Z_2(t)\}, \quad (8)$$

Либо:

$$\begin{cases} Z(t) = \sqrt{[\operatorname{Re} Z_1 - \operatorname{Re} Z_2]^2 + [\operatorname{Im} Z_1 - \operatorname{Im} Z_2]^2} * \exp\{-i * T(t)\} \\ T(t) = -\operatorname{arctg} \left\{ \frac{\operatorname{Im} Z_1 - \operatorname{Im} Z_2}{\operatorname{Re} Z_1 - \operatorname{Re} Z_2} \right\} \end{cases} \quad (9)$$

Тогда решение (3) $x(t)$ приобретает вид:

$$x(t) = \sqrt{[\operatorname{Re} z_1 - \operatorname{Re} z_2]^2 + [\operatorname{Im} z_1 - \operatorname{Im} z_2]^2} \cdot \cos\{t(t)\}. \quad (10)$$

Введем, как и в [1], следующие обозначения:

$$A_{st} = \frac{\tilde{P}(0)}{R_1^2} - \text{статистическое отклонение системы} (k_1 = \Omega);$$

$\lambda = \sqrt{[\operatorname{Re} z_1 - \operatorname{Re} z_2]^2 + [\operatorname{Im} z_1 - \operatorname{Im} z_2]^2} / A_{st}$ – динамический коэффициент при нестационарных вынужденных колебаниях с переменной частотой;

$\lambda^0 = \frac{R_1}{\mu} = \frac{A_0}{A_{st}}$, A_0 – динамический коэффициент λ^0 и амплитуда колебаний при установившемся резонансе вибросистемы, когда k_1 равно частоте вынуждающей силы; $\beta = \frac{\lambda}{\lambda^0}$ – относительный динамический коэффициент при нестационарных колебаниях.

Тогда в рассматриваемых случаях имеем:

$$\beta = \frac{\lambda}{\lambda^0} = \frac{\mu \cdot k_1}{P(0)} \cdot \sqrt{[\operatorname{Re} z_1 - \operatorname{Re} z_2]^2 + [\operatorname{Im} z_1 - \operatorname{Im} z_2]^2}, P(0) = P(t)$$

Следует отметить, что входящее в $z(t)$ (7) интегралы, при $\tilde{P} = \text{const}$, т.е. $\tilde{P}$ не зависящей от t , сводятся к интегралам типа $\int_0^{\check{z}} e(\check{z}^2) d\check{z}$ [1, 2], которые выражаются [3] через интегралы вероятности от комплексного аргумента:

$$W(\check{z}) = \exp(-\check{z}^2) \cdot \left\{ 1 - \frac{2i}{\sqrt{\pi}} \cdot \int_0^{\check{z}} \exp(\check{z}^2) d\check{z} \right\}.$$

Вывод. Без всяких затруднений с помощью $W(\check{z})$ может быть вычислена амплитуда колебаний и при более сложной зависимости $\tilde{P}(t)$: а) $\tilde{P}(t) = \sigma \cdot \varepsilon^2 \cdot t^2$, $\varphi = \text{const} > 0$ [1]; б) $\tilde{P}(t) = \bar{\varphi} \cdot (\varepsilon t)^n \cdot \exp(at)$, $\bar{\varphi}$, n , a – некоторые константы [5].

Список литературы

1. Голосков Е. Ф. Нестационарные колебания механических систем / Е. Ф. Голосков, А. П. Филипов. – К.: Наукова думка, 1966. – 336 с.
2. Гробов В. А. Теория колебаний механических систем / В. А. Гробов. – К.: Вища школа, 1982. – 183 с.

3. *Фадеева В. Н.* Таблицы значений интеграла вероятностей от комплексного аргумента / *В. Н. Фадеева, Н. М. Терентьев.* – М.: Гостехиздат. 1954. – 175 с.
4. *Крыпов А. Н.* О некоторых дифференциальных уравнениях математической физики / *А. Н. Крыпов.* – М.: Гостехиздат, 1950. – 368 с.
5. *Шейнин И. С.* Известие АН СССР. Отделение технических наук (ОТН). – 1961. – Вып. 5. – С. 187–203.

References

1. *Holoskov, E. F., Fylypov, A. P.* (1966). Nestatsyonarnye kolebanyya mekhanicheskikh system [Nonstationary vibrations of mechanical systems]. K.: Naukova dumka, 336.
2. *Hrobov V. A.* (1982). Teoriya kolebanyy mekhanicheskikh system [Theory of oscillations of mechanical systems]. K.: Vyshcha shkola, 183.
3. *Fadeeva, V. N., Terent'ev, N. M.* (1954). Tablytsy znachenyy yntehrala veroyatnostey ot kompleksnogo arhumenta [Table of values of the probability integral of complex argument]. M.: Hostekhyzdat, 175.
4. *Krypov, A. N.* (1950). O nekotorykh dyfferentsyal'nykh uravnenyyakh matematicheskoy fizyky [On some differential equations of mathematical physics]. M.: Hostekhyzbat, 368.
5. *Sheynyn, Y. S.* (1961). Yzvestye AN SSSR [News of the USSR]. Otdelenye tekhnicheskikh nauk (OTN), Vyp. 5, 187–203.

АНАЛІТИЧНИЙ ПІДХІД В АНАЛІЗІ НЕСТАЦІОНАРНИХ КОЛИВАНЬ ВІБРАТОРОМ ДЛЯ ПОВЕРХНЕВОГО УЩІЛЬНЕННЯ БЕТОННИХ СУМІШЕЙ

Ю. В. Човнюк, В. Т. Кравчук, І. М. Сівак

Анотація. Запропоновано аналітичний підхід для аналізу нестационарних коливань вібратором, призначеного для ущільнення бетонних сумішей. Враховані види в'язкого і сухого тертя, а також лінійний закон зміни частоти обурює сили з часом. Вібратори для поверхневого ущільнення бетонних сумішей відносяться до вибросистем з динамічною нелінійністю, тобто такий нелінійністю, що проявляються тільки при русі. Взагалі кажучи, до вибросистем з динамічною нелінійністю відносяться коливальні системи більшості машин вібраційної дії, що застосовуються у будівництві, у яких сили непружного опору (демпфірування) змінюються непропорційністю швидкості руху в першій мірі.

У процесі роботи вибромашинами виникають різні за своєю природою непружні опору. Всі ці опору по-різному змінюються залежно від зміщення елементів коливальної системи вибромашини. Кожне з них впливає на форму і атмосферу коливань, а також на витрату енергії. Резумирующую всіх непружних опорів вибросистемы можна представити як багатокомпонентні опір, який складається із суми одночасно діючих одноконтентних опорів.

Ключові слова: *аналітичний підхід, аналіз, нестационарні коливання, поверхневе ущільнення*

ANALYTICAL APPROACH IN ANALYSIS OF NON-STATIONARY VIBRATIONS OF VIBRATOR FOR SURFACE COMPACTION OF CONCRETE MIXES

Yu. V. Chovnyuk, V. T. Kravchuk, I. M. Sivak

Abstract. *The analytical approach for the analysis of non-stationary vibrations vibrator designed for sealing concrete mixtures. Take into account the types of viscous and dry friction and a linear law of change of frequency of the perturbing forces over time. Vibrators for surface compaction of concrete mixes are vibrosystems dynamic nonlinearity, i.e. a nonlinearity such that only manifest themselves when driving. Generally speaking, vibrosystems dynamic nonlinearity are oscillatory system of most machines vibrating action used in construction, which forces inelastic resistance (damping) change the disproportion of the velocity of movement in the first degree.*

In the process of vibrators, there are various by their nature inelastic resistance. All these resistance differently changed depending on the displacement of the elements of the oscillating system vibromachine. Each of them affects the shape and atmosphere fluctuations, as well as on energy consumption. Resumelayout all inelastic resistances fibrositis can be represented as multi-component resistance consisting of the sum of concurrent single-label resistances.

Key words: *analytical approach, analysis, nomstafiomary, oscillations vibration, surfaces sealing*

УДК 637.116.636.2

ВПЛИВ ФОРМИ ДІЙКОВОЇ ГУМИ НА ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ ДОЇЛЬНОГО АПАРАТА

О. О. Заболотько, кандидат технічних наук

С. М. Гавриленко, студент

e-mail: zaboleg07@ukr.net

Анотація. *В статті представлено огляд сучасних зразків діймової гуми за формою робочої камери та фізичними властивостями гуми. Обґрунтовано особливості експлуатації діймової гуми. В гумі трикутної профілю бочкоподібні валики*

© О. О. Заболотько, С. М. Гавриленко, 2016

Ключові слова: *аналітичний підхід, аналіз, нестационарні коливання, поверхневе ущільнення*

ANALYTICAL APPROACH IN ANALYSIS OF NON-STATIONARY VIBRATIONS OF VIBRATOR FOR SURFACE COMPACTION OF CONCRETE MIXES

Yu. V. Chovnyuk, V. T. Kravchuk, I. M. Sivak

Abstract. *The analytical approach for the analysis of non-stationary vibrations vibrator designed for sealing concrete mixtures. Take into account the types of viscous and dry friction and a linear law of change of frequency of the perturbing forces over time. Vibrators for surface compaction of concrete mixes are vibrosystems dynamic nonlinearity, i.e. a nonlinearity such that only manifest themselves when driving. Generally speaking, vibrosystems dynamic nonlinearity are oscillatory system of most machines vibrating action used in construction, which forces inelastic resistance (damping) change the disproportion of the velocity of movement in the first degree.*

In the process of vibrators, there are various by their nature inelastic resistance. All these resistance differently changed depending on the displacement of the elements of the oscillating system vibromachine. Each of them affects the shape and atmosphere fluctuations, as well as on energy consumption. Resumelayout all inelastic resistances fibrositis can be represented as multi-component resistance consisting of the sum of concurrent single-label resistances.

Key words: *analytical approach, analysis, nomstafiomary, oscillations vibration, surfaces sealing*

УДК 637.116.636.2

ВПЛИВ ФОРМИ ДІЙКОВОЇ ГУМИ НА ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ ДОЇЛЬНОГО АПАРАТА

О. О. Заболотько, кандидат технічних наук

С. М. Гавриленко, студент

e-mail: zaboleg07@ukr.net

Анотація. *В статті представлено огляд сучасних зразків діймової гуми за формою робочої камери та фізичними властивостями гуми. Обґрунтовано особливості експлуатації діймової гуми. В гумі трикутної профілю бочкоподібні валики*

© О. О. Заболотько, С. М. Гавриленко, 2016

у формі «зірки» (деталі, що безпосередньо стикаються з дійкою) під час доїння створюють рівномірний тиск на дійку з трьох сторін. Це дозволяє збільшити площину масажування поверхні дійки і покращує контакт з дійкою по всій її довжині. Разом з тим, кінець дійки залишається відкритим в «такті стиску». З одного боку, це захист від механічної дії поверхні гуми (ударних впливів гуми) на кінчик дійки, з другого, кінчик дійки залишається відкритим для дії вакууму, але разом з тим, при здоровому сфінктері вакуум в цистерну дійки не потрапляє. Отже, дійкова гума трикутної форми в порівнянні з циліндричної має ряд суттєвих переваг: стосовно технологічності, змінної жорсткості по довжині та поперечному перерізу, збільшення кількості подразнень на поверхню та кінець дійки, менших затрат на обслуговування але разом з тим до недоліків можна віднести складність у виготовленні і відповідно вона дорожче, вимагає специфічну форму стакана з характерним профілем, фіксований термін напрацювань (не обслуговується).

Ключові слова: вплив, форма, дійкова гума, доїльний апарат

Постановка проблеми. Сучасні промислові технології виробництва молока, одна з основних проблем взаємодії «тварини – машини – людини». Одним із головних та важливих чинників експлуатаційної ефективності молочного тваринництва є: удосконалення технології, підвищення продуктивності і збереженості корів та покращення якості молочної продукції [1–8].

Машинне доїння – найбільш важливий виробничий процес у молочному тваринництві: отримання молока – кінцева задача промислового виробництва при утриманні молочного стада; механізоване доїння – вирішальний процес при отриманні максимального удою та підтримки здоров'я корови [9, 10].

Біотехнологічні властивості доїльних апаратів та обладнання для тваринництва оцінюють показниками якості функціонування машин, обладнання за призначенням протягом гарантованого експлуатаційного періоду [11]. У процесі доїння корова взаємодіє з доїльною машиною та навколишнім середовищем, тому один з головних впливовим чинником є виконавчий механізм доїльного апарата – дійкова гума. Від якості роботи, форми робочого перерізу гуми та фізичних її властивостей залежить величина молоковіддачі, тривалість доїння а також здоров'я вимені [10].

Аналіз останніх досліджень. При машинному доїнні корів існує значний потенціал збільшення швидкості виведення молока з вимені тварин, при ручному доїння швидкість виведення молока знаходиться в межах – від 1 до 1,7 л/хв., при машинному, відповідно ,

від 4,2 до 10 л/хв. (максимально). Доїльний апарат повинен стимулювати безумовний рефлекс у корів. Дійкова гума значно впливає на процес доїння, так як вона безпосередньо контактує з вим'ям тварини. Від якості її роботи залежить величина молоковіддачі, тривалість доїння, здоров'я вимені і якість молока.

Молоковіддача залежить від багатьох чинників, основні з них [12–16]: характеру впливу доїльного апарату на нервові закінчення сосків вимені; типу доїльного апарату, режимних характеристик, схеми підключення пар доїльних стаканів; форми дійкової гуми та її фізичних властивостей (жорсткість, еластичність та ін.), сили тиску на поверхню сосків вимені; правильності встановлення (за мітками), регулювання натягу дійкової гуми, відповідності її типорозміру доїльного стакана; величини вакуумметричного тиску у молоковакуумній системі; наявності системи автоматичного контролю за молоковивідною функцією дійок вимені; дотримання правил технічної експлуатації, зберігання та обліку напрацювань; використання засобів автоматичного контролю за станом гуми.

Під час експлуатації дійкова гума втрачає фізичні та геометричні параметри. Критеріями для вибракування дійкової гуми служать наступні чинники: збільшення довжини її активної частини, підвищення жорсткості, шорсткості, наліт типу «молочний камінь», мікротріщини на поверхні або розрив, зміна геометричної форми виробу та взаємне розташування монтажних міток, закінчився гарантований термін напрацювань [17]. Порушення фізичних властивостей гуми, параметрів роботи сприяє: гіперкератозу (явище огрубіння шкіри, що вистилає канал і отвір дійки), гіперемії кінчика дійки, утворення ділянок ударних впливів дійкової гуми, маститу, та ін., і як наслідок – бактеріальне обсіменіння молока, зниження його якості, збільшення вмісту соматичних клітин, зниження продуктивності та раннє вибракування тварин [18].

Мета досліджень. За допомогою фотографічних методів встановити зміни деформації циліндричної та трикутної оболонки гуми в зоні кінчика дійки у доїльному стакані в лабораторних умовах.

Результати досліджень. На сучасному ринку для доїння корів використовують різну дійкову гуму: циліндричною та трикутною за формою. По дійковій гумі циліндричної форми є різні дослідження: розроблені теоретичні моделі взаємодії гуми в сукупності з доїльним стаканом та дійкою вимені; досліджені закономірності деформації циліндричної оболонки гуми в гільзі стакана у виробничих умовах (відносне подовження, величину змикання протилежних стінок гуми) [19]. При доїнні дійковою гумою, різною за формою (рис. 1), під дією періодичного вакууму, що виникає в доїльному стакані, гума розтягується і стискається від 50 до 80 разів на хвилину протягом 5–6 годин за день.

Як показали дослідження динаміки зміни пружних властивостей і конструктивних параметрів дійкової гуми, вже після 10 днів роботи вона подовжується на 2–3 мм, змінюється її товщина, погіршуються пружні властивості, тиск вакуум змикання змінюється на 0,5–0,7 кПа від початкового (9,1–14,3 кПа), а це впливає на швидкість і тривалість доїння. Крім того, через дуже погану якість і неоднорідності матеріалу, з якого виготовляють дійкову гуму, ці зміни відбуваються нерівномірно в доїльних стаканах навіть одної підвісної частини апарату.

Процес доїння відбувається нормально, коли контроль за натягом гуми проводять за вакуум змикання дійкової гуми. Бо неоднакове натяг дійкової гуми в одному доїльному апараті призводить до різних швидкостям виведення молока із дійок, і їх різниця може досягати від 10 до 18%, що призводить до «холостого» доїння маломолочних чвертей. Це призводить до порушення взаємодії дійки і дійкової гуми, виникнення у корів болісні або незвичні подразнення, зниження ефективності молоковіддачі.

Використання трикутної гуми (рис. 1,б) на практиці дозволяє: поліпшити комфортність для корів; зменшити можливість зісковзування, зменшити деформації та негативний вплив «бочкоподібного валика» на кінець дійки (рис. 1, а), трикутна гума зменшує кількість випадків гіперкератозу на кінці соска.

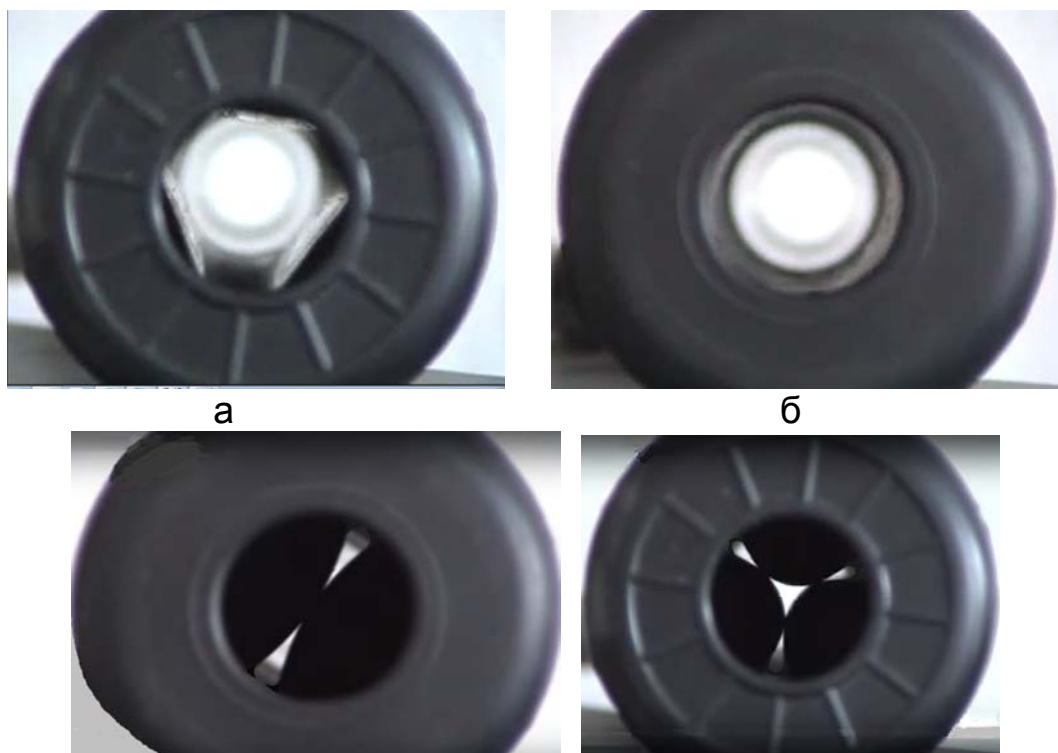


Рис. 1. Переріз форми дійкової гуми в тактах «ссання» та «стиску»: а – циліндричної (ДД00-041А, L-135); б – трикутної (Ultraliner 1P15U).

Одна з причин гіперкератозу, викликано впливом «бочкоподібного валика» циліндричної дійкової гуми, є результатом стискання та защемлення кінця дійки. Дійкова гума циліндричної форми при закриванні повністю передавлює кінець дійки зі сфінктером, утворюючи в перерізі за формою «бочкоподібного валика» або типу «гантель».

В гумі трикутної профілю бочкоподібні валики у формі «зірки» (деталі, що безпосередньо стикаються з дійкою) під час доїння створюють рівномірний тиск на дійку з трьох сторін. Це дозволяє збільшити площину масажування поверхні дійки і покращує контакт з дійкою по всій її довжині. Разом з тим, кінець дійки залишається відкритим в «такті стиску». З одного боку, це захист від механічної дії поверхні гуми (ударних впливів гуми) на кінчик дійки, з другого, кінчик дійки залишається відкритим для дії вакууму, але разом з тим, при здоровому сфінктері вакуум в цистерну дійки не потрапляє.

Отже, дійкова гума трикутної форми в порівнянні з циліндричної має ряд суттєвих переваг: стосовно технологічності, змінної жорсткості по довжині та поперечному перерізу, збільшення кількості подразнень на поверхню та кінець дійки, менших затрат на обслуговування але разом з тим до недоліків можна віднести складність у виготовленні і відповідно вона дорожче, вимагає специфічну форму стакана з характерним профілем, фіксований термін напрацювань (не обслуговується).

Висновки

Одним з основних шляхів збільшення швидкості видоювання корів, підвищення продуктивності тварин, праці операторів доїння та доїльної установки а також якості молока, зниження рівня захворюваності тварин є використання якісної дійкової гуми.

Ефективне використання дійкової гуми доїльних стаканів передбачає суворого дотримання строків її експлуатації та забезпечення постійно однакового натягнення в доїльному стакані.

Дослідження форми дійкової гуми, поперечним перерізом, вказує на переваги гуми трикутної форми в порівнянні з циліндричною.

Список літератури

1. Бабкин В. П. Исследование физико-механических свойств сосковой резины доильных аппаратов и пути повышения ее качества / В. П. Бабкин, В. П. Савран, В. Я. Круговой, Н. А. Вербицкий // Механизация и электрификация сельского хозяйства : республ. межвед. темат. науч.-техн. сб. — К.: Урожай, 1982. — Вып. 55. — С. 17–22.
2. Карташов Л. П. Машинное доение коров [текст] / Л. П. Карташов. — М.: Колос, 1982. — 304 с.
3. Карташов Л. П. Сосковая резина ответственная деталь доильной машины. Устройство, свойства, правила эксплуатации / Л. П. Карташов, В. П. Малинин. — Челябинск: Южноуральское книжное издательство, 1970. — 43 с.
4. Кокорина Э. П. Влияние качества сосковой резины на работоспособность доильного оборудования / [Кокорина Э. П., Тумакова Э. Б., Залцманис Г. Р. и

- др.] // Бюллетень ВНИИ разведения и генетики сельскохозяйственных животных. – 1984. – Вып. 72. – С. 26–31.
5. *Бабкин В. П.* Исследование физико-механических свойств сосковой резины доильных аппаратов и пути повышения ее качества / *В. П. Бабкин, В. П. Савран* // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1982. – Вып. 55. – С. 17–22.
6. *Малкин В. П.* Использование конструктивных и рабочих параметров сосковой резины : Автореф. дисс. канд. техн. наук : *В. П. Малкин*. – Оренбург, 1969. – 216 с.
7. *Ахматов В. И.* Исследование и усовершенствование исполнительных механизмов доильного аппарата : Автореф. дисс. канд. техн. наук : *В. И. Ахматов*. – Оренбург, 1968. – 20 с.
8. *Скроманис А. А.* Исследование исполнительных механизмов доильного аппарата с целью улучшения качества процесса доения : Автореф. дисс. канд. техн. наук : *А. А. Скроманис*. – Елгава, 1962. – 20 с.
9. *Келончук В. М.* Резервы повышения эффективности использования доильных установок / *В. М. Келончук, Э. П. Сорокин* // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1989. – № 4. – С. 17–20.
10. *Рублев В. И.* Качество сосковой резины / *В. И. Рублев, И. Н. Иваненко, М. М. Луценко, В. И. Скляр* // Животноводство. – 1987. – №9. – С. 54–57.
11. *Гульчевский Е. С.* Технология обслуживания резино-технических изделий доильной установки / *Гульчевский Е. С., Травкин А. В., Барбаров А. Ф.* // Техника в сельском хозяйстве. – 1983. – № 11. – С. 13.
12. *Мирошев Н. А.* Исследование процесса сжатия сосковой резины / *Н. А. Мирошев* // Механизация и оптимизация производственных процессов ферм крупного рогатого скота. – Подольск. – 1987. – С. 54–61.
13. *Балук В.* Влияние состояния сосковой трубки на молокоотдачу коров / *В. Балук, С. Вельчо, В. Головань, Б. Тарасенко* // Молочное и мясное скотоводство. – 1986. – №3. – С. 51–52.
14. *Борознин В. А.* Сосковая резина основной объект диагностирования доильного оборудования / *В. А. Борознин, А. В. Борознин* // Повышение эффективности использования ресурсов при производстве сельскохозяйственной продукции. – Сб. науч. тр. ВНИИТиН. – Тамбов, 2005. – С. 295–300.
15. *Андрианов Е. А.* Техническое состояние сосковых трубок доильных аппаратов и молочная продуктивность коров / *А. М. Андрианов, Е. А. Андрианов, А. А. Андрианов* // Актуальные направления развития экологически безопасных технологий производства, хранения и переработки сельскохозяйственной продукции : материалы междунар. науч.-практ. конф. – Воронеж: ВГАУ, 2003. – С. 394–400.
16. *Кажеко О. А.* Биотехнологическое обоснование срока эксплуатации сосковой резины : автореф. дисс. ... канд. техн. наук: спец. 06.02.04 “Частная зоотехния; технология производства продуктов животноводства” / *О. А. Кажеко*. – Жодионо, 1993. – 32 с.
17. *Палій А. П.* Дослідження фізико-механічних властивостей дійкової гуми доїльних стаканів / *А. П. Палій* // Науково-технічний бюлетень. – Харків, 2013. – № 109, ч. 2. – С. 86–90.
18. *Карташов Л. П.* Сравнительная оценка доильных стаканов по температурным характеристикам сосков / *Л. П. Карташов, А. В. Цвяк* // Механізація та електрифікація сільського господарства. – Глеваха, 2010. – Вип. 84. – С. 23–25.
19. *Сосковая резина и шланги* : [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://molochka.com/rus/catalog/e/treugolnaya-soskovaya-rezina.html>.

References

1. Babkyn, V. P., Savran, V. P., Kruhovoy, V. Ya., Verbytskyy, N. A. (1982). Yssledovanye fizyko-mekhanicheskyykh svoystv sotskovoy rezyny doyl'nykh apparatov y puty povysheniya ee kachestva [The study of physical and mechanical properties of the rubber liners of milking machines and ways to improve its quality]. Mechanization and electrification of agriculture : respubl. mezhved. temat. nauch.-tekhn. sb. K.: Urozhay, Vyp. 55, 17–22.
2. Kartashov, L. P. (1982). Mashynnoe doenie korov [tekst] [Machine milking of cows]. M.: Kolos, 304.
3. Kartashov, L. P., Malynyn, V. P. (1970). Sotskovaya rezyna otvetstvennaya detal' doyl'noy mashyny. Ustroystvo, svoystva, pravyla ekspluatatsyy [Liners critical parts of the milking machine. The device properties, operating rules]. Chelyabinsk: Yuzhnoural'skoe knyzhnoe yzdatel'stvo, 43.
4. Kokoryna, E. P., Tumakova, E. B., Zaltsmanys, H. R. (1984). Vliyaniye kachestva sotskovoy rezyny na rabotosposobnost' doyl'noho oborudovaniya [Influence of the liner on the performance of milking equipment]. Bulletin of the research Institute of breeding and genetics of agricultural animals, Vyp. 72, 26–31.
5. Babkyn, V. P., Savran, V. P. (1982). Yssledovanye fizyko-mekhanicheskyykh svoystv sotskovoy rezyny doyl'nykh apparatov y puty povysheniya ee kachestva [The study of physical and mechanical properties of the rubber liners of milking machines and ways to improve its quality]. Mechanization and electrification of agriculture, Vyp. 55, 17–22.
6. Malkyn, V. P. (1969). Yspol'zovaniye konstruktivnykh y rabochnykh parametrov sotskovoy rezyny [The use of constructive and working parameters of the teat rubber] : Avtoref. dyss. kand. tekhn. nauk. Orenburh, 216.
7. Akhmatov, V. Y. (1968). Issledovaniye y usovershenstvovaniye yspolnytel'nykh mekhanizmov doyl'noho apparata [The study and improvement of the Executive mechanisms of milking machine] : Avtoref. dyss. kand. tekhn. nauk. Orenburh, 20.
8. Skromanys, A. A. (1962). Yssledovaniye yspolnytel'nykh mekhanizmov doyl'noho apparata s tsel'yu uluchsheniya kachestva protsessa doeniya [The study of Executive mechanisms of the milking machine with the aim of improving the quality of milking process] : Avtoref. dyss. kand. tekhn. nauk. Elhava, 20.
9. Kelonchuk, V. M., Sorokyn, E. P. (1989). Rezervy povysheniya effektivnosti yspol'zovaniya doyl'nykh ustanovok [Reserves of increase of efficiency of use of milking machines]. Mechanization and electrification of agriculture, 4, 17–20.
10. Rublev, V. Y., Yvanenko, Y. N., Lutsenko, M. M., Sklyar, V. Y. (1987). Kachestvo sotskovoy rezyny [The quality of the teat rubber]. Animal, 9, 54–57.
11. Hul'chevskyy, E. S., Travkyn, A. B., Barbarov, A. F. (1983). Tekhnologiya obsluzhivaniya rezyno-tekhnicheskyykh yzdelyy doyl'noy ustanovky [Technology service rubber products milking machines]. Equipment in agriculture, 11, 13.
12. Myroshev, H. A. (1987). Issledovaniye protsessa szhatiya sotskovoy rezyny [The study of the process of compression of the teat rubber]. Mechanization and optimization of production processes of cattle farms. Podol'sk, 54–61.
13. Baluk, V., Vel'cho, S., Holovan', V., Tarasenko, B. (1986). Vliyaniye sostoyaniya sotskovoy trubky na molokootdachu korov [The influence of the teat tube a milk flow of cows]. Dairy and beef cattle, 3, 51–52.
14. Boroznyn, V. A., Boroznyn, A. V. (2005). Sotskovaya rezyna osnovnoy ob'ekt dyagnostirovaniya doyl'noho oborudovaniya [Liners the main object of diagnosis milking equipment]. Povsheniye effektivnosti yspol'zovaniya resursov pry proyzvodstve sel'skokhozyaystvennoy produktsyy. Sb. nauch. tr. VNYYTyN. Tambov, 295–300.

15. Andryanov, E. A., Andryanov, E. A., Andryanov, A. A. (2003). Tekhnicheskoye sostoyaniye soskovykh trubok doyl'nykh apparatov y molochnaya produktyvnost' korov [Technical condition of the peripapillary tubes of milking machines and dairy cow performance]. Aktual'nye napravleniya razvitiya ekologicheskoy bezopasnykh tekhnologiy proizvodstva, khraneniya y pererabotki sel'skokhozyaystvennoy produktsii: materialy mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Voronezh: VHAU, 394–400.
16. Kazheko, O. A. (1993). Byotekhnologicheskoye obosnovaniye sroka ekspluatatsii soskovoy reziny [The biotechnological study of the lifetime for the liner] : avtoref. diss. ... kand. tekhn. nauk: spets. 06.02.04 "Chastnaya zootekhnika; tekhnologiya proizvodstva produktov zhivotnovodstva". Zhodyno, 32.
17. Paliy, A. P. (2013). Doslidzhennya fizyko-mekhanichnykh vlastyvostey diykovoyi humy doyl'nykh stakaniv [The study of physico-mechanical properties of the teat rubber of milking cups]. Scientific and technical Bulletin. Kharkiv, 109, ch. 2, 86–90.
18. Kartashov, L. P., Tsvyak, A. V. (2010). Sravnytel'naya otsenka doyl'nykh stakanov po temperaturnym kharakterystykam soskov [Comparative evaluation of teat cups according to the temperature characteristics of the nipples]. Mechanization and electrification of agriculture. Hlevakha, Vyp. 84, 23–25.
19. Soskovaya rezyna y shlanhy [Liners and hoses] : [Elektron. resurs]. Rezhym dostupa: <http://molochka.com/rus/catalog/e/treugolnaya-soskovaya-rezina.html>.

ВЛИЯНИЕ ФОРМЫ СОСКОВОЙ РЕЗИНЫ НА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ДОИЛЬНОГО АППАРАТА

О. А. Заболотько, С. М. Гавриленко

Аннотация. В статье представлен обзор современных образцов сосковой резины по форме рабочей камеры и физическими свойствами резины. Обгунтовано особенности эксплуатации сосковой резины. В резине треугольной профиля бочкообразные валики в форме «звезды» (детали, которые непосредственно соприкасаются с соском) во время доения создают равномерное давление на сосок с трех сторон. Это позволяет увеличить плоскость массирования поверхности соска и улучшает контакт с соском по всей ее длине. Вместе с тем, конец дойки остается открытым в «такте сжатия». С одной стороны, это защита от механического воздействия поверхности резины (ударных воздействий резины) на кончик соска, с другой, кончик соска остается открытым для действия вакуума, но вместе с тем, при здоровом сфинктере вакуум в цистерну соска не попадает. Итак, сосковая резина треугольной формы в сравнении с цилиндрической имеет ряд существенных преимуществ: относительно технологичности, переменной жесткости по длине и поперечному сечению, увеличение количества раздражений на поверхность и конец дойки, меньших затрат на обслуживание но вместе с тем к недостаткам можно отнести сложность в изготовлении и соответственно дороже, требует специфическую форму стакана с характерным профилем, фиксированный срок наработок (не обслуживается).

Ключевые слова: влияние, форма, сосковая резина, доильный аппарат

INFLUENCE OF SHAPE FOR LINER ON PERFORMANCE CHARACTERISTICS OF MILKING MACHINE

O. O. Zabolotko, S. M. Gavrilenko

Abstract. *The paper presents a review of current samples of the liner in the form of the working chamber and the physical properties of rubber. Substantiation features of operation for the liner. In rubber triangular profile barrel-shaped rollers in the form of "stars" (the parts that come into contact with the nipple during milking create a uniform pressure on the nipple on three sides. This allows to increase the plane of the massaging surface of the nipple and improves the contact with the nipple along its entire length. However, the end of milking remains in the "compression stroke". On the one hand, is protection from mechanical impact to the surface of rubber impact rubber) on the tip of the nipple, on the other, the tip of the nipple left open to the action of the vacuum, however, in common SFER vacuum in the tank nipple misses. So, liners are triangular in shape, compared with cylindrical has a number of advantages: relative to manufacturability, variable stiffness along the length and cross section, increasing the number of irritations to the surface and the end of milking, lower cost service however the disadvantages include the complexity to manufacture and accordingly more expensive, requires a specific form of a cup with a distinctive profile, fixed-term developments (not in service).*

Key words: *influence, shape, liners, milking machine*

УДК 631. 362

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ КОМБІНОВАНОГО ДІЕЛЕКТРИЧНО-АЕРОДИНАМІЧНОГО СЕПАРАТОРА НАСІННЯ

О. О. Шокарев, аспірант*

**С. В. Кюрчев, О. М. Шокарев, кандидати технічних наук
Таврійський державний агротехнологічний університет
e-mail: shokarev@mail.ru**

Анотація. У статті наведені результати експериментальних досліджень робочого процесу сепарування насіння в аеродинамічному сепараторі із діелектричною наливкою. Наведені графіки залежності вихідних параметрів сепаратора від вхідних. При сепарації насіння, як зернових культур так і масляничних, на стаціонарному пункті планується

*Науковий керівник – кандидат технічних наук С. В. Кюрчев

© О. О. Шокарев, С. В. Кюрчев, О. М. Шокарев, 2016

INFLUENCE OF SHAPE FOR LINER ON PERFORMANCE CHARACTERISTICS OF MILKING MACHINE

O. O. Zabolotko, S. M. Gavrilenko

Abstract. *The paper presents a review of current samples of the liner in the form of the working chamber and the physical properties of rubber. Substantiation features of operation for the liner. In rubber triangular profile barrel-shaped rollers in the form of "stars" (the parts that come into contact with the nipple during milking create a uniform pressure on the nipple on three sides. This allows to increase the plane of the massaging surface of the nipple and improves the contact with the nipple along its entire length. However, the end of milking remains in the "compression stroke". On the one hand, is protection from mechanical impact to the surface of rubber impact rubber) on the tip of the nipple, on the other, the tip of the nipple left open to the action of the vacuum, however, in common SFER vacuum in the tank nipple misses. So, liners are triangular in shape, compared with cylindrical has a number of advantages: relative to manufacturability, variable stiffness along the length and cross section, increasing the number of irritations to the surface and the end of milking, lower cost service however the disadvantages include the complexity to manufacture and accordingly more expensive, requires a specific form of a cup with a distinctive profile, fixed-term developments (not in service).*

Key words: *influence, shape, liners, milking machine*

УДК 631. 362

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ КОМБІНОВАНОГО ДІЕЛЕКТРИЧНО-АЕРОДИНАМІЧНОГО СЕПАРАТОРА НАСІННЯ

О. О. Шокарев, аспірант*

**С. В. Кюрчев, О. М. Шокарев, кандидати технічних наук
Таврійський державний агротехнологічний університет
e-mail: shokarev@mail.ru**

Анотація. У статті наведені результати експериментальних досліджень робочого процесу сепарування насіння в аеродинамічному сепараторі із діелектричною наливкою. Наведені графіки залежності вихідних параметрів сепаратора від вхідних. При сепарації насіння, як зернових культур так і масляничних, на стаціонарному пункті планується

*Науковий керівник – кандидат технічних наук С. В. Кюрчев

© О. О. Шокарев, С. В. Кюрчев, О. М. Шокарев, 2016

використовувати аеродинамічний сепаратор із діелектричною навиткою. Передбачається, що насіння з бункера живильником постачається через патрубок введення у аеродинамічний вертикальний канал із діелектричною навиткою.

При падінні насіння всередині каналу під дією сили тяжіння, назустріч їм всмоктується повітряний потік та діє електричне поле, що створюється діелектричною навиткою, розміщеною на зовнішній поверхні цього каналу, виконаного із пластмаси.

Експериментальні дослідження підтвердили результати теоретичних досліджень з обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів запропонованого аеродинамічного сепаратора. Визначено раціональні параметри аспіраційного сепаратора із діелектричною навиткою, це дасть змогу забезпечити оптимальну продуктивність сепаратора.

Ключові слова: *сепарування насіння, аеродинамічний сепаратор, повітряний потік, електростатичний сепаратор, електричне поле, діелектрична навитка, аспіраційний канал*

Постановка проблеми. Одним з перспективних напрямів отримання насіння є збирання зернових культур методом обчісування рослин на корені [1]. Одним з істотних достоїнств методу обмолоту зернових культур на корені є значне зниження травмування зерна у зрівнянні з існуючими способами збирання.

Це достоїнство обмолоту на корені важливе при збиранні насінних і селекційних посівів, так як підвищене травмування зерна при обмолоті зернових культур, при традиційному методі збирання, оказує великий вплив на їх польову схожість.

Таким чином, обчісування зернових культур на корені дозволяє майже в два рази збільшити польову схожість насіння. Це свідчить про те, що при збиранні насінних і селекційних посівів зернових культур доцільно використовувати метод обмолоту їх на корені [1] з подальшою обробкою вороха на стаціонарному пункті сепарації.

При сепарації насіння, як зернових культур так і масляничних, на стаціонарному пункті планується використовувати аеродинамічний сепаратор із діелектричною навиткою. Передбачається, що насіння з бункера живильником постачається через патрубок введення у аеродинамічний вертикальний канал із діелектричною навиткою. При падінні насіння всередині каналу під дією сили тяжіння, назустріч їм всмоктується повітряний потік та діє електричне поле, що створюється діелектричною навиткою, розміщеною на зовнішній поверхні цього каналу, виконаного із пластмаси. В результаті взаємодії аеродинамічних та електричних сил, відбувається розщеплення вертикальної траєкторії руху

насінин, із подальшим їх перерозподілом по фракціям питоמו-важких насінин та питоמו-легких. Для обґрунтування основних конструктивних та технологічних параметрів запропонованого сепаратора необхідно провести експериментальні дослідження з метою підтвердження результатів теоретичних досліджень.

Мета досліджень. Дана стаття присвячена обґрунтуванню експериментальним шляхом раціональних конструктивно-технологічних параметрів запропонованого аеродинамічного сепаратора насіння, а саме:

а) раціональна величина швидкості повітряного потоку у аспіраційному каналі сепаратора;

б) раціональна величина живлячої напруги біфілярної навитки на зовнішній поверхні діелектричного аспіраційного каналу сепаратора;

в) раціональний діаметр відбору насіння до фракції І;

г) раціональний діаметр патрубку введення насіння у вертикальний діелектричний канал.

Аналіз останніх досліджень. Вітчизняні вчені Шабанов П. А., Котов Б. І. та інші розробляли та досліджували засоби сепарації насіння в повітряних потоках [2, 4], але без використання електричного поля.

Електростатичні очисники насіння використовують відмінності в електричних характеристиках насіння і виконують багатоцільову сепарацію, яку не виконує звичайне обладнання для очищення насіння [3].

Ступінь сепарації залежить від відносної здібності насіння проводити електрику або тримати поверхневий заряду суміші.

Результати досліджень. Результати експериментального дослідження величини раціональної швидкості повітряного потоку у діелектричному аспіраційному каналі сепаратора.

В результаті проведених експериментальних досліджень було збудовано графік залежності відстані рознесення насіння із найменшою питомою масою у залежності від швидкості повітряного потоку всередині вертикального аспіраційного каналу сепаратора, привведений на рис. 1. На основі отриманих графіків зроблено висновок, що раціональною величиною швидкості повітряного потоку у середині вертикального каналу сепаратора є швидкість близька до критичної найбільш питоמו-легкого насіння, тобто 3,5–4 м/с.

Результати визначення раціональної величини живлячої напруги біфілярної навитки на зовнішній поверхні діелектричного аспіраційного каналу сепаратора. В ході експериментів було збудовано за отриманими даними графік залежності відстані рознесення питоמו-легкого насіння із інтервалу власної маси

0,05–0,055 г та 0,055–0,06 г у залежності від величини живлячої напруги біфілярної навитки зовнішньої поверхні аспіраційного каналу сепаратора, показаний на рис. 2.

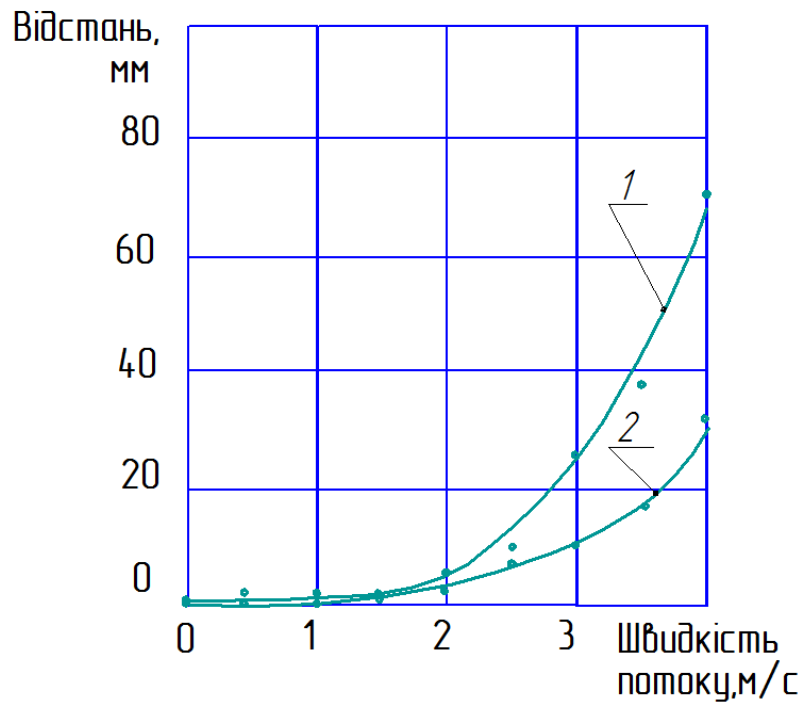


Рис. 1. Графік залежності відстані розщеплення вертикальної траєкторії питомо-легкого насіння у діелектричному каналі від швидкості потоку: 1 – масою 0,05–0,055 г; 2 – масою 0,055–0,06 г.

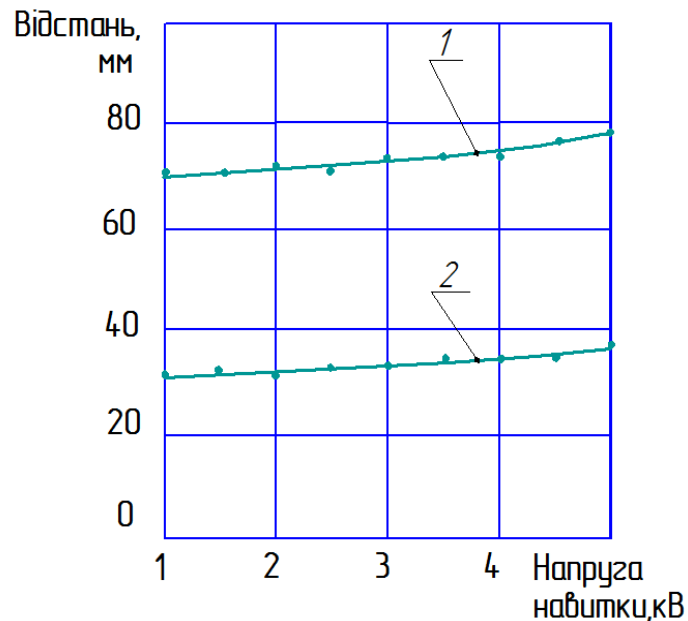


Рис. 2. Графік залежності відстані розщеплення вертикальної траєкторії питомо-легкого насіння у діелектричному каналі із повітряним потоком 4 м/с, від величини живлячої напруги біфілярної навитки потоку: 1 – масою 0,05–0,055 г; 2 – масою 0,055–0,06 г.

В результаті аналізу графіку на рис. 2 зроблено висновок, що попередньо прийнятою раціональною величиною живлячої напруги біфілярної навитки аспіраційного каналу сепаратора є діапазон 3,5–5 кВ. При постачанні живлячої напруги величиною 3,5–5 кВ отримується додаткове розщеплення вертикальної траєкторії найбільш питомо-важкого насіння, що лежить у межах 11,4–12,8%.

Проте, оскільки величина живлячої напруги починаючи із 4,5 кВ та вище призводить до залипання із наступним утриманням у притягнутому стані на внутрішній поверхні вертикального діелектричного аспіраційного каналу найбільш питомо-легкого насіння, то раціональною величиною живлячої напруги біфілярної навитки приймаємо 3,5–4 кВ.

Результати дослідження раціонального діаметру відбору насіння до фракції I. За даними експериментальних досліджень, було побудовано графік залежності відстані рознесення насіння в результаті розщеплення вертикальної траєкторії від маси насіння, показаний на рис. 3.

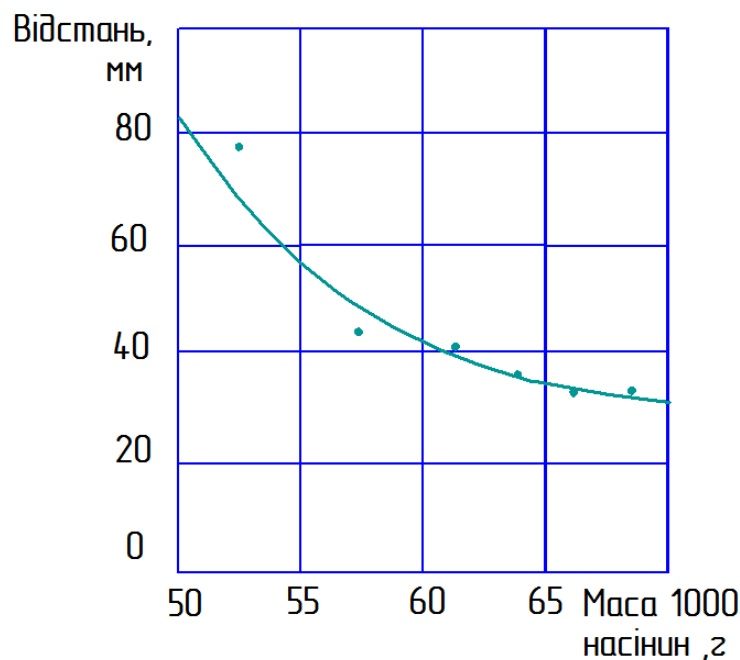


Рис. 3. Графік залежності відстані розщеплення вертикальної траєкторії насіння у діелектричному каналі із повітряним потоком 4 м/с та живлячий напругі на біфілярній навитці 4 кВ.

Як видно із графіку на рис. 3, для отримання у бункері питомо-важкого насіння із масою 1000 шт 67–70 г, слід попередній раціональний радіус бункеру (при вкиданні насіння по центру) прийняти 34 мм. Таким чином, раціональний діаметр бункеру фракції I при вкиданні насіння точно по центру становить 68 мм.

Результати дослідження раціонального діаметру патрубку введення насіння у вертикальний діелектричний канал. За отриманими даними, було збудовано графік залежності пропускної здатності пристрою для введення насіння в вертикальний канал запропонованого сепаратора, в залежності від його діаметру, що наведений на рис. 4. Після визначення величини пропускної здатності патрубку введення від його діаметру було перевірено, яка маса тисячі насіння буде отримуватися в бункері фракції I, раціональний діаметр якої становить 68 мм.

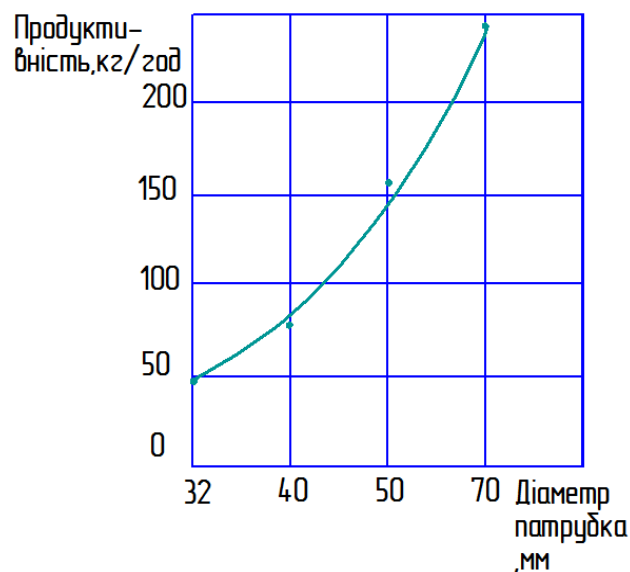


Рис. 4. Графік залежності пропускної здатності патрубку введення насіння у залежності від його діаметру, при пропусканні 5 кг навіски насіння із масою 1000 шт 60 г.

Висновки

Експериментальні дослідження підтвердили результати теоретичних досліджень з обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів запропонованого аеродинамічного сепаратора.

Визначено раціональні параметри аспіраційного сепаратора із діелектричною навіткою, це дасть змогу забезпечити оптимальну продуктивність сепаратора.

Список літератури

1. *Разработать* технологические процессы и основные рабочие органы рисоуборочного комбайна и полевой уборочной машины, основанных на принципе обмолота растений на корню // Заключительный отчет по НИР/ Мелитоп. институт мех. сел. хоз; № ГР02910041798. – Мелитополь, 1990. – 60 с.
2. *Котов Б. І.* Перспективи розвитку конструкцій зернонасіноочисної техніки / *Б. І. Котов* // Конструювання, виробництво та експлуатація с.-г. машин. – Кіровоград, 2001. – Вип. 31. – С. 110–111.

3. *Лавров И. М.* Исследование процесса разделения зерновых смесей воздушным потоком при наложении электрического поля : автореф. дис. на соискание науч. степ. канд. техн. наук : спец. 05.20.01 "Технологии и средства механизации сельского хозяйства" / *И. М. Лавров*. – Челябинск, 1975. – 27 с.
4. *Тищенко Л. Н.* К исследованию разделения фракций зерновой смеси при сепарировании на вертикальном цилиндрическом виброцентробежном решете / *Л. Н. Тищенко, М. В. Пивень* // *Вибрации в технике и технологиях*. – 2002. – № 5(31). – С. 40–43.

References

1. *Razrabotať* tekhnolohycheskye protsessy y osnovnye rabochye orhany rysouborochnoho kombayna y polevoy uborochnoy mashyny, osnovannykh na pryntsype obmolota rastenyy na kornyu [To develop processes and main working bodies of the combine harvester and rice field harvesting machine based on the principle of threshing plants at the root] (1990). // *Zaklyuchitel'nyy otchet po NYR/ Melytop. ynstytut mekh. sel. khoz;* № HR02910041798. Melytopol', 60.
2. *Kotov, B. I.* (2001). *Perspektyvy rozvytku konstruktsiy zernonasinnoochysnoyi tekhniki* [Prospects for the development of designs sermonise equipment]. *Konstruyuvannya, vyrobnytstvo ta ekspluatatsiya s.-h. mashyn*. Kirovohrad, Vyp. 31, 110–111.
3. *Lavrov, Y. M.* (1975). *Yssledovanye protsessa razdelenyya zernovykh smesey vozdushnym potokom pry nalozhenyy elektrycheskoho polya* [The study of the process of separation of grain mixtures with air flow when applying an electric field] : avtoref. dys. na soyskanye nauch. step. kand. tekhn. nauk : spets. 05.20.01 "Tekhnolohyy y sredstva mekhanyzatsyy sel'skoho khozyaystva". Chelyabynsk, 27.
4. *Tyshchenko, L. N., Pyven', M. V.* (2002). *K yssledovanyyu razdelenyya fraktsyy zernovoy smesy pry separyrovanyu na vertykal'nom tsylyndrycheskom vybrotsentrobezhnom reshete* [To study of fractions separation of the grain mixture during the separation on the vertical cylindrical sieve vibrocentric]. *Vibrations in technique and technologies*, 5(31), 40–43.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ КОМБИНИРОВАННОГО ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИ- АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО СЕПАРАТОРА СЕМЯН

О. О. Шокарев, С. В. Кюрчев, О. М. Шокарев

Аннотация. В статье приведены результаты экспериментальных исследований рабочего процесса сепарирования семян в аэродинамическом сепараторе с диэлектрической навивкой. Приведены графики зависимости выходных параметров сепаратора от входных. При сепарации семян, как зерновых так и масличных, на стационарном пункте планируется использовать аэродинамический сепаратор с диэлектрической навивкой. Предполагается, что семена из бункера питателем поставляются через патрубок ввода в аэродинамический вертикальный канал с диэлектрической навивкой.

При падении семян внутри канала под действием силы тяжести, навстречу им всасывается воздушный поток и действует электрическое поле, создаваемое диэлектрической навивкой, размещенной на внешней поверхности этого канала, выполненного из пластмассы.

Экспериментальные исследования подтвердили результаты теоретических исследований по обоснованию конструктивно-технологических параметров предлагаемого аэродинамического сепаратора. Определены рациональные параметры аспирационного сепаратора с диэлектрической навивкой, это даст возможность обеспечить оптимальную производительность сепаратора.

Ключевые слова: сепарирование семян, аэродинамический сепаратор, воздушный поток, электростатический сепаратор, электрическое поле, диэлектрическая навивка, аспирационный канал

RESULTS OF EXPERIMENTAL RESEARCH COMBINED DIELECTRICALLY-AERODYNAMIC SEPARATOR OF SEEDS

O. O. Shokarev, S. V. Kyurtev, O. M. Shokarev

Abstract. The paper presents the results of experimental researches of working process of separation of seeds in an aerodynamic separator with a dielectric material specifications. Graphs of the dependence of the output parameters of the separator from input. When separating the seeds of grain and oilseeds, on the stationary item you plan to use aerodynamic separator with a dielectric material specifications. It is expected that seeds from the hopper feeder is supplied through the pipe entering in the aerodynamic vertical channel with dielectric wrapped.

In the fall of the seeds inside the channel under the action of gravity, toward him absorbed air flow and the electric field generated by the dielectric wrapped, placed on the outer surface of this channel, made of plastic.

Experimental studies have confirmed the results of theoretical investigations of structural and technological parameters of the proposed aerodynamic separator. Defined rational parameters of ventilation separator with a dielectric material specifications, this will enable optimal performance of the separator.

Key words: separation of seeds, aerodynamic separator, air flow, electrostatic separator, electric field, dielectric wrapped, aspiration channel

ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ПРИ ВПРОВАДЖЕННІ ЛОГІСТИКИ НА ПАСАЖИРСЬКОМУ ТРАНСПОРТІ

**Л. А. Савченко, кандидат технічних наук
e-mail: lilusik2007@rambler.ru**

Анотація. В статті пропонується оптимізаційна економіко-математична модель, яка дасть можливість чітко спрогнозувати і формувати відповідний рівень сервісу пасажирських послуг із мінімальними витратами на їх реалізацію. В роботі пропонується використання логістики на пасажирському транспорті, що значно дозволить покращити перевізний процес із мінімальними витратами. Одним із основних завдань логістики є забезпечення потреб споживачів із мінімізованими витратами та найвищою якістю. Застосовуючи поняття “логістика” до пасажирських перевезень споживачі мають мати відповідний рівень обслуговування, безпечну, надійну і неперервну доставку. Застосування логістичних підходів при проектуванні і створенні систем пасажирських перевезень повинна враховувати вулично-дорожню мережу населеного пункту, визначення відповідної кількості рухомого складу і типу транспортних засобів для обслуговування намічених маршрутів, вибору режиму руху. Одним із основних показників, які є в розрахунках комплексної системи економіко-математичних моделей логістичних систем є об’єм пасажирських перевезень. Отже, при формуванні та розрахунку попередніх моделей комплексної системи рекомендується виконувати ряд досліджень, необхідних для визначення ринку пасажирських послуг.

Ключові слова: логістика, пасажирський транспорт, математична модель, стратегічне планування, затрати, сервіс, логістична система

Постановка проблеми. Транспортна логістика є різновидом прикладної логістики. Отже, оптимізація транспортних послуг вимагає відповідного технологічного, фінансового, інформаційного, правового і ресурсного забезпечення. Використання логістики на пасажирському транспорті дозволяє покращити перевізний процес із мінімальними витратами. Отже, впровадження раціональної транспортної системи забезпечить виконання логістичного підходу із максимальним економічним ефектом.

© Л. А. Савченко, 2016

Одним із основних завдань логістики є забезпечення потреб споживачів із мінімізованими витратами та найвищою якістю. Застосовуючи поняття “логістика” до пасажирських перевезень споживачі мають мати відповідний рівень обслуговування, безпечну, надійну і неперервну доставку. Застосування логістичних підходів при проектуванні і створенні систем пасажирських перевезень повинна враховувати вулично-дорожню мережу населеного пункту, визначення відповідної кількості рухомого складу і типу транспортних засобів для обслуговування намічених маршрутів, вибору режиму руху та ін. [1, 3].

Аналіз останніх досліджень. При аналізі наукових робіт відомих вчених слід відмітити, що значний внесок в розвиток методологічних основ управління транспортними процесами і системами пасажирських перевезень зробили науковці: Миротин Л. Б., Воркут А. І., Дмитриченко М. Ф., Левковець П. Р., Поліщук В. П., Хабутдінов Р. А. та інші.

На сучасному етапі розвитку та впровадженні нових систем та технологій при пасажирських перевезеннях відмічені Димченко В. В., Радченко М. Ю., Вербицька В. І. Над проблемою створення самодостатнього функціонування пасажирського транспорту працюють Ігнатенко О. С., Ігудін Р. В.

Результати досліджень. Відсутність логістики до управління загальним транспортом створює проблеми його ефективного використання. Логістичний підхід до управління пасажирськими потоками вимагає об'єднання окремих ділянок перевізного процесу в єдину систему, яка здатна забезпечити якісні транспортні послуги населенню. В роботах Миротина Л. Б. [1] прослідковується, що основною задачею стратегічного планування функціонування логістичної системи є прогнозування і формування заданого рівня сервісу пасажирських послуг із мінімальними витратами на їх реалізацію. При економічно обґрунтованих тарифах отримується максимальний прибуток від роботи транспорту. Отже, пропонується використовувати оптимізаційну економічно-математичну модель для формалізованих умов ідеально функціонуючої якісної логістичної системи при перевезенні пасажирів.

Відомий рівень сервісних послуг:

$$S = \sum_{p=1}^p S_q^{rq}, p = 6, \quad (1)$$

де: S_q – показник рівня сервісу пасажирських послуг.

Визначені залежності витрат C_q від кожного показника S_q :

$$C_q = C_{(q)} + \frac{C_{1(q)}}{1 - S_q}, q = 1, p, \quad (2)$$

де: $C_{(q)}$ – умовно-постійна складова затрат, яка не залежить від показника $S_{(q)}$; $C1_{(q)}$ – умовно-перемінна складова затрат, яка залежить від показника $S_{(q)}$.

Звідси, загальні затрати по забезпеченню відповідного рівня сервісу пасажирських послуг будуть дорівнювати:

$$C = \sum_{q=1}^p C_q . \quad (3)$$

Оскільки відомо значення комплексного показника рівня сервісу пасажирських послуг $S_{(ф)}$, то для даного моменту часу відомі і показники $S_{(qф)}^{kq}$.

Потрібно визначити стратегію функціонування логістичної системи, яка забезпечує досягнення оптимального рівня сервісу пасажирських послуг, а відповідно, максимальної величини прибутку – при економічно обґрунтованих розрахункових тарифах або мінімальну величину збитків при фактично занижених тарифах[1].

$$S_{onm} \rightarrow \left. \begin{array}{l} \Pi(S) = P_p - C_v \rightarrow \max \\ Y(S) = P_\phi - C_v \rightarrow \min \end{array} \right\} , \quad (4)$$

де: $\Pi(S)$, $Y(S)$ – відповідно прибуток або збиток при заданому рівні сервісу; P_p , P_ϕ – доходи логістичної системи від реалізації пасажирських послуг при розрахункових, та фактичних тарифах; C_m – допустимі (мінімальні) затрати, необхідні для забезпечення заданого рівня сервісу пасажирських послуг.

Аналіз залежності $\Pi(S)$ дозволяє прийняти варіанти, коли може бути менше або більше $S_{onm} : S_\phi \langle S_{onm} ; S_\phi \rangle S_{onm}$.

У всіх випадках логістична система має втрати прибутку, тому необхідно розглянути абсолютну величину [1] відхилення S :

$$|\Delta S| = S_{onm} - S_\phi . \quad (5)$$

Базовими оптимальними значеннями для q -х показників рівня сервісу пасажирських послуг приймаємо.

$$S_{qoon} = \sqrt[6]{S_{onm}} . \quad (6)$$

Також можливо два співвідношень:

$$S_{qф}^{kq} \langle S_{qoon} \text{ або } S_{qф}^{kq} \rangle S_{qoon} . \quad (7)$$

Випадок, коли $S_{qф}^{kq} = S_{qoon}$, є оптимальним і тому аналізу не підлягає. В першому випадку має місце нестача фінансових засобів S_{qoon} , величина яких може бути визначена як:

$$C_{qoon} = Cq(S_{qоqо}) - Cq(S_{qф}^{kq}) = \frac{C_{1(q)}(S_{qoon} - S_{qф}^{kq})}{(1 - S_{qoon})(1 - S_{qф}^{kq})} . \quad (8)$$

В іншому випадку логістична система має залишки в зв'язку із нераціональним використанням матеріальних, інформаційних і фінансових ресурсів.

Загальна кількість показників рівня сервісу пасажирських послуг визначається:

$$p = p_1 + p_2 + p_3. \quad (9)$$

Із врахуванням вказаних залежностей можна визначити:

- загальний обсяг фінансових засобів:

$$C_{\text{доп}} = \sum_{q=1}^{p_1} C_{q\partial\partial\partial} = \sum_{q=1}^p \frac{C_{1(q)}(S_{q\partial\partial\partial} - S_{q\phi}^{\kappa q})}{(1 - S_{q\partial\partial\partial})(1 - S_{q\phi}^{\kappa q})}, \quad (10)$$

- загальний обсяг фінансових втрат:

$$C_{\text{втр}} = \sum_{q=1}^{p_2} C_{q\text{втр}} = \sum_{q=1}^{p_2} \frac{C_{1(q)}(S_{q\partial\partial\partial} - S_{q\phi}^{\kappa q})}{(1 - S_{q\partial\partial\partial})(1 - S_{q\phi}^{\kappa q})}, \quad (11)$$

де: δ_1, δ_2 – кількість показників S_q , за якими можна визначити недостачу фінансових засобів і втрат.

Якщо $C_{\text{втр}} = C_{\text{доп}}$ проводять оптимізацію кількості рухомого складу по видах транспорту у відповідності пасажиропотоку. Якщо $C_{\text{втр}} > C_{\text{доп}}$ потрібно скоротити кількість рухомого складу, що забезпечує скорочення затрат. Якщо $C_{\text{втр}} < C_{\text{доп}}$ система повинна проводити додаткове інвестування у відповідності до пасажиропотоку.

Моделювання логістичного процесу показує, що ефективність функціонування міського транспорту потребує досягнення якнайкращих фінансових результатів діяльності при якісному рівні сервісу [1]. Основними обмеженнями оптимізаційної задачі є окремі показники сервісу: надійність переміщення міського транспорту точно по гарфіку, його доступність, безпека роботи, комфортність поїздки, а також вартісний показник рівня пасажирського і інформаційного сервісу.

У відповідності із даними обмеженнями економіко-математична модель вирішення задачі із найбільшою ефективністю представлена у наступному виді [1, 2]:

$$\sum_k \sum_i (C_{\text{рік}} - S_{ik}) \cdot X_{ik} + \sum_i E - \sum_k \sum_i I_{ik1} - \sum_k \sum_i I_{ik2} - \sum_k \sum_i I_{ik3} \frac{100 + BB}{100} \rightarrow \max, \quad (12)$$

де: X_{ik} – пасажиропотік i -го виду загального транспорту в i -му році; Y_{ik} – приріст пасажиропотоку на i -му виді загального транспорту в i -му році; I_{ik} – розмір інвестицій для приросту пасажиропотоку; D_k – дотації із бюджету в i -му році; CB – суди банка підприємствам i -му році; K_{ik} – питомі капітальні вкладення (інвестиції) на проїзд одного пасажиром; BB – розмір банківського проценту; $C_{\text{рік}}$ – розрахунковий тариф на i -му виді загального транспорту в i -му році; S_{ik} – собівартість проїзду на i -му виді транспорту в i -му році; E – ефект від міроприємств планового періоду; α_{ik} – відсоток прибутку, який використовується i -м видом транспорту.

Висновок. Одним із основних показників, які є в розрахунках комплексної системи економіко-математичних моделей логістичних систем є об'єм пасажирських перевезень. Отже, при формуванні та розрахунку попередніх моделей комплексної системи рекомендується виконувати ряд досліджень, необхідних для визначення ринку пасажирських послуг.

Список літератури

1. *Миротин Л. Б.* Логистика: общественный пассажирский транспорт / Л. Б. Миротин. – М.: Издательство «Экзамен», 2003. – 224 с.
2. *Шпильовий І. Ф.* Методичні основи управління системами міських пасажирських перевезень / І. Ф. Шпильовий // Восточноевропейский журнал передовых технологий. – 2010. – 3/6(45). – С. 23–28.
3. *Вдовенко С. М.* Оптимізація комерційної складової пасажирських перевезень в умовах сучасного міста / С. М. Вдовенко // Вісник Чернігівського державного технологічного університету. – Чернігів, 2011. – №4 (54). – С. 198–204.
4. <http://www.mtu.gov.ua>.

References

1. *Myrotyn, L. B.* (2003). Lohystyka: obshchestvennyy passazhyrskyy transport [Logistics: public passenger transport]. M.: Yzdatel'stvo «Ekzamen», 224.
2. *Shpyl'ovyy, I. F.* (2010). Metodychni osnovy upravlinnya systemamy mis'kykh pasazhyrs'kykh perevezen' [Methodical bases of management systems of urban passenger transport]. East European Journal of Advanced Technologies, 3/6(45), 23–28.
3. *Vdovenko, S. M.* (2011). Optymizatsiya komertsynoyi skladovoyi pasazhyrs'kykh perevezen' v umovakh suchasnoho mista [Optimization of the commercial component of passenger traffic in modern city]. Bulletin of the Chernihiv State Technological University. Chernihiv, № 4 (54), 198–204.
4. <http://www.mtu.gov.ua>.

ОБОСНОВАНИЕ ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРИ ВНЕДРЕНИИ ЛОГИСТИКИ НА ПАССАЖИРСКОМ ТРАНСПОРТЕ

Л. А. Савченко

Аннотация. В статье предлагается оптимизационная экономико-математическая модель, которая даст возможность четко спрогнозировать и формировать соответствующий уровень сервиса пассажирских услуг с минимальными затратами на их реализацию. В работе предлагается использование логистики на пассажирском транспорте, что позволит значительно улучшить перевозочный процесс с минимальными затратами. Одним из основных задач логистики является обеспечение потребностей потребителей с минимизированными затратами и высочайшим качеством. Применяя понятие “логистика” до пассажирских перевозок потребители должны иметь соответствующий уровень обслуживания, безопасную,

надежную и непрерывную доставку. Применение логистических подходов при проектировании и создании систем пассажирских перевозок должна учитывать улично-дорожную сеть населенного пункта, определение соответствующего количества подвижного состава и типа транспортных средств для обслуживания намеченных маршрутов, выбора режима движения. Одним из основных показателей, которые есть в расчетах комплексной системы экономико-математических моделей логистических систем является объем пассажирских перевозок. Следовательно, при формировании и расчете предыдущих моделей комплексной системы рекомендуется выполнять ряд исследований, необходимых для определения рынка пассажирских услуг.

Ключевые слова: логистика, пассажирский транспорт, математическая модель, стратегическое планирование, затраты, сервис, логистическая система

RATIONALE FOR ECONOMIC AND MATHEMATICAL MODELS IN IMPLEMENTATION OF LOGISTICS IN PASSENGER TRANSPORT

L. A. Savchenko

Abstract. The paper proposes optimization of economic and mathematical model which will give you the ability to clearly predict and generate the appropriate service level of passenger services with minimum costs for their implementation. This paper proposes the use of logistics in the passenger transport, which will greatly improve the transportation process with minimal cost. One of the main tasks of logistics is to meet the needs of consumers with minimized cost and high quality. Applying the concept of “logistics” to passenger transport users should have an appropriate level of service safe, reliable, and continuous delivery. Application of logistic approaches in the design and creation of systems passenger transport should consider the road network of the settlement, to determine the number of vehicles and type of vehicles to service scheduled routes, the mode of motion. One of the key indicators that are calculations of an integrated system of economic-mathematical models of logistic systems is the volume of passenger traffic. Therefore, in the formation and calculation of the previous models of the complex system, it is recommended to perform a series of studies necessary to define the market of passenger services.

Key words: logistics, passenger transport, mathematical model, strategic planning, cost, service, logistics system

ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗМІРНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЦИБУЛІ РІПЧАСТОЇ ВИРОЩЕНОЇ ЗА ТЕХНОЛОГІЄЮ КРАПЕЛЬНОГО ЗРОШЕННЯ

С. П. Маринін, магістр

Л. І. Мариніна, кандидат технічних наук

**ДНУ «Український НДІ прогнозування та випробування
техніки і технологій для сільськогосподарського**

виробництва імені Леоніда Погорілого»

e-mail: ludmila_mazurik@mail.ru

Анотація. У статті представлені результати дослідження розмірних характеристик цибулі ріпчастої сорту «Глобус», вирощеної за технологією крапельного зрошення. Основною проблемою виробництва овочів є низький рівень технологічного і технічного забезпечення галузі. Ця проблема практично є похідною від першої, адже сучасні технології вирощування овочів у відкритому ґрунті базуються на повній механізації процесу вирощування, збирання і післязбиральної доробки овочевої продукції. Слід зазначити, що вітчизняні машиновиробники не випускають сільськогосподарську техніку для механізації процесів вирощування овочів. Техніка, що вироблена за кордоном і використовується в Україні для збирання овочів, не пристосована для використання в нашому регіоні (в залежності від типу ґрунту і фізико-механічних характеристик технологічного матеріалу), що призводить до неякісного виконання технологічних процесів.

Отримані результати дослідження є джерелом інформації для розробки нового долотоподібного робочого органу для викопування цибулі ріпчастої (обґрунтування відстані між долотами та ширини доліт для забезпечення викопування цибулі ріпчастої з одночасною сепарацією ґрунтових домішок).

Ключові слова: овочі, цибуля ріпчаста, площа, крапельне зрошення, товарний сорт, діаметр

Постановка проблеми. Основною проблемою виробництва овочів є низький рівень технологічного і технічного забезпечення галузі. Ця проблема практично є похідною від першої, адже сучасні технології вирощування овочів у відкритому ґрунті базуються на повній механізації процесу вирощування, збирання і післязбиральної доробки овочевої продукції [1]. Слід зазначити, що вітчизняні

машиновиробники не випускають сільськогосподарську техніку для механізації процесів вирощування овочів. Техніка, що вироблена за кордоном і використовується в Україні для збирання овочів, не пристосована для використання в нашому регіоні (в залежності від типу ґрунту і фізико-механічних характеристик технологічного матеріалу), що призводить до неякісного виконання технологічних процесів [2]. Особливо гостро стоїть проблема збирання цибулі ріпчастої, адже в існуючих машинах для збирання цієї овочевої культури, використовують робочі органи, що не дозволяють одночасно під час викопування руйнувати та відсепаровувати від цибулин ґрунтові грудки [3]. Конструкційно-кінематичні параметри машин, які застосовують для механізованого збирання цибулі ріпчастої істотно залежать від розмірних характеристик цибулин [4, 5]. Тому для розробки нового робочого органу для викопування цибулі ріпчастої потрібно дослідити розмірні характеристики цієї овочевої культури.

Аналіз останніх досліджень. Провідне місце в продовольчій базі держави займає овочева продукція. Ґрунтово-кліматичні умови України досить сприятливі для вирощування багатьох видів продукції овочівництва. Вже сьогодні по валовому виробництву овочів відкритого ґрунту Україна входить в число світових лідерів [6]. Так, виробництво овочів у 2014 році на площі 463,8 тис. га становило 9637,5 тис. т, що лише на 235,1 тис. т менше, ніж в 2013 році зібраних на площі 493,8 тис. га (рис. 1) [7].

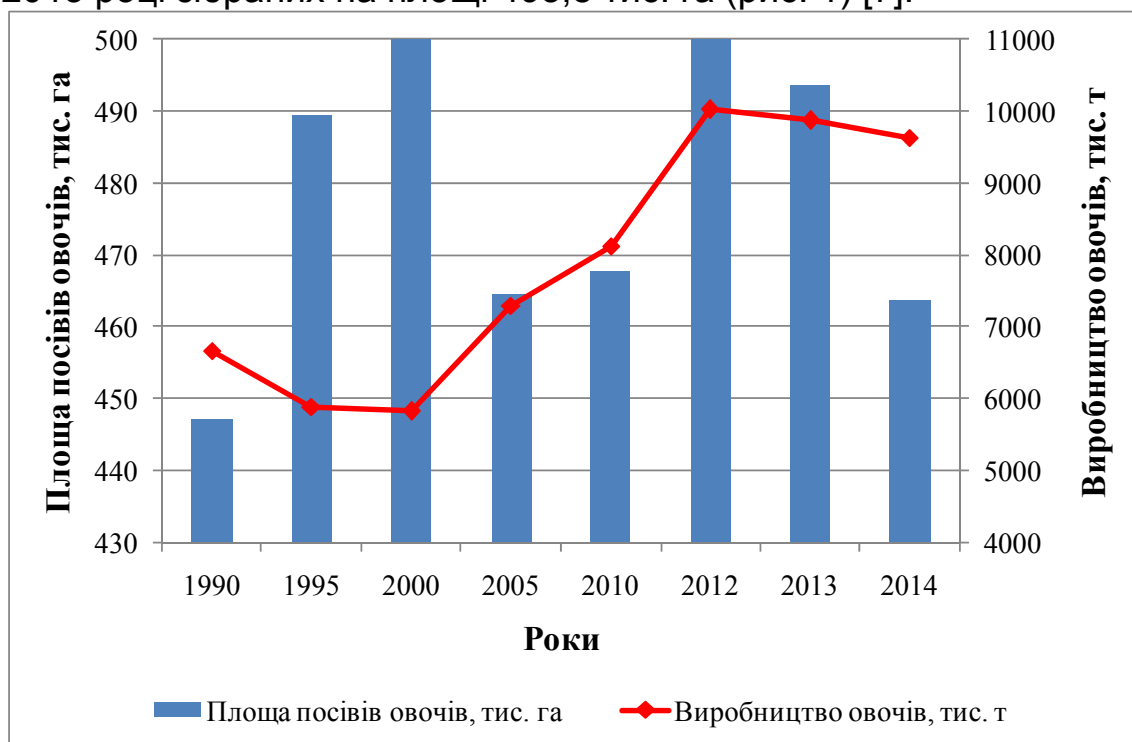


Рис. 1. Посівні площі та валовий збір овочів відкритого ґрунту в 1990-2014 рр.

Серед овочевих культур цибуля ріпчаста займає особливе місце. В останні роки в зоні півдня України розширюються площі посівів цибулі. Це пов'язано з підвищенням попиту на неї переробних підприємств і збільшення експорту. Так, площа посівів цибулі ріпчастої в Україні в 2014 році склала 58,8 тис. га, а валовий збір цибулі в цьому ж році досягав 1108,6 тис. т (рис. 2) [7]. Динаміка зміни площ посівів цибулі ріпчастої і її валове виробництво, свідчить про те, що врожайність цієї овочевої культури збільшується. Це пояснюється в першу чергу тим, що аграрії використовують нові високоврожайні сорти й інтенсивні технології вирощування.

В умовах півдня України в безрозсадній культурі можливо вирощувати середньостиглі (115-125) днів і пізні гібриди цибулі ріпчастої, придатні для тривалого зберігання. Вирощування цибулі ріпчастої можливо лише в умовах зрошення, а саме крапельного, так як дощування призводить до вимивання насіння при незначній глибині його закладення (1,5-2,5) см і ускладнює застосування гербіцидів проти бур'янів. В овочівництві крапельне зрошення - визначальна складова сучасних інтенсивних технологій вирощування овочів, оскільки завдяки технологічним можливостям цього способу зрошення (дозована подача води і розчинених в ній добрив і мікроелементів кожній рослині, розраховані для конкретної овочевої культури) створюються умови для максимального використання потенціалу продуктивності сучасних сортів і гібридів [1, 8]. Найбільші площі овочів, що вирощуються за технологією крапельного зрошення розташовані в Херсонській – 29%, Одеській – 28% і Миколаївській – 12% областях [9].

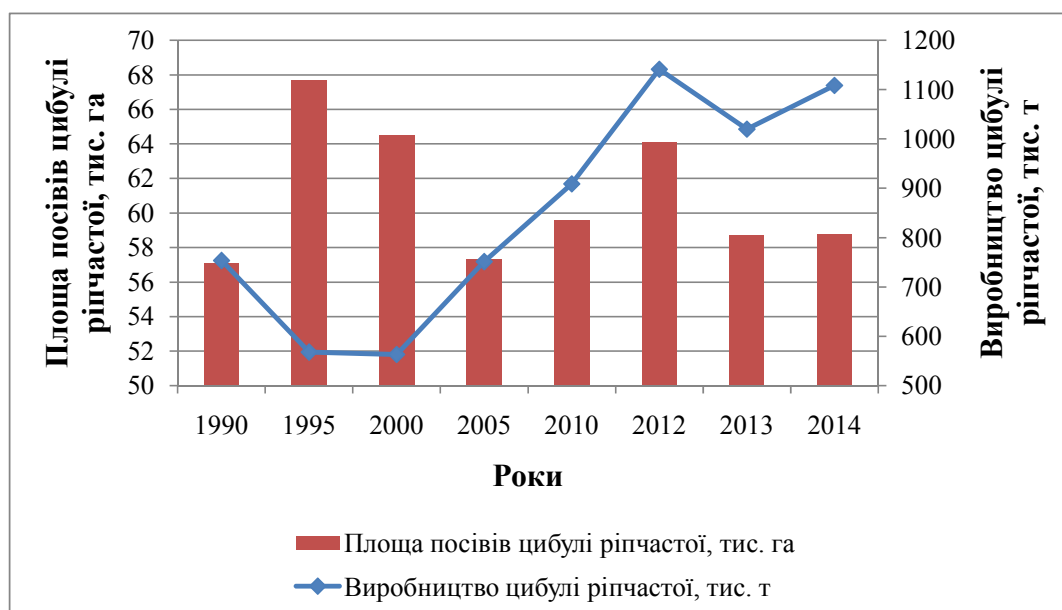


Рис. 2. Посівні площі та валовий збір цибулі ріпчастої в 1990-2014 рр.

В даний час невеликі фермерські господарства вирощують цибулю в обсягах 5-10 га із застосуванням ручної праці. Господарства, з розміром сільськогосподарських угідь в обсязі 300 га і більше, вирощують цибулю ріпчасту на площі 30-50 га [7] із застосуванням бувшими у вжитку сівалок точного висіву і машин для викопування і укладення цибулин у валки. Концентрація виробництва в дрібнотоварному секторі супроводжується низьким рівнем механізації виробничих процесів. Тому витрати на виробництво овочів в таких господарствах в 1,5-2 рази вище, ніж в спеціалізованих великотоварних господарствах [1, 10]. Ця тенденція також поширена не тільки в Україні, а й за її межами [11, 12].

Для підвищення ефективності виробництва цибулі, зниження собівартості і забезпечення виконання всіх технологічних операцій в агротехнічні терміни виникає необхідність в комплексній механізації всіх технологічних процесів [13].

Мета досліджень полягає в дослідженні розмірних характеристик цибулі ріпчастої вирощеної за технологією крапельного зрошення.

Результати досліджень. Щоб розробити нову машину потрібно провести дослідження технології вирощування культури і характеристик технологічного матеріалу, з яким ця машина буде взаємодіяти. У разі розробки нового викопуючого робочого органу для викопування цибулі ріпчастої потрібно проаналізувати розмірні характеристики цієї культури.

Кожен виробник овочів прагне до досягнення його продукції товарним вимогам. Для цибулі ріпчастої товарні норми по сортам (вищий, перший, другий) встановлені ДСТУ 3234 «Цибуля ріпчаста свіжа. Технічні умови» [14], вимоги до поперечного діаметра цибулин представлені в табл. 1.

1. Вимоги до товарного сорту цибулі ріпчастої

Показник	Характеристика і норма для товарних сортів цибулі		
	Вищий	Перший	Другий
Розмір цибулин за найбільшим поперечним діаметром, см, не менше:			
<i>для овальних форм</i>	5,0	4,0	3,0
<i>для решти форм</i>	6,0	5,0	4,0

У Херсонській області нами були проведені дослідження з визначення розмірних параметрів цибулі ріпчастої сорту «Глобус» вирощеної за технологією крапельного зрошення. Цибулини цього сорту не мають овальну форму, тому будемо розглядати вимоги до діаметра цибулин – для «решти форм».



Рис. 3. Цибуля ріпчаста вирощена за технологією крапельного зрошення.

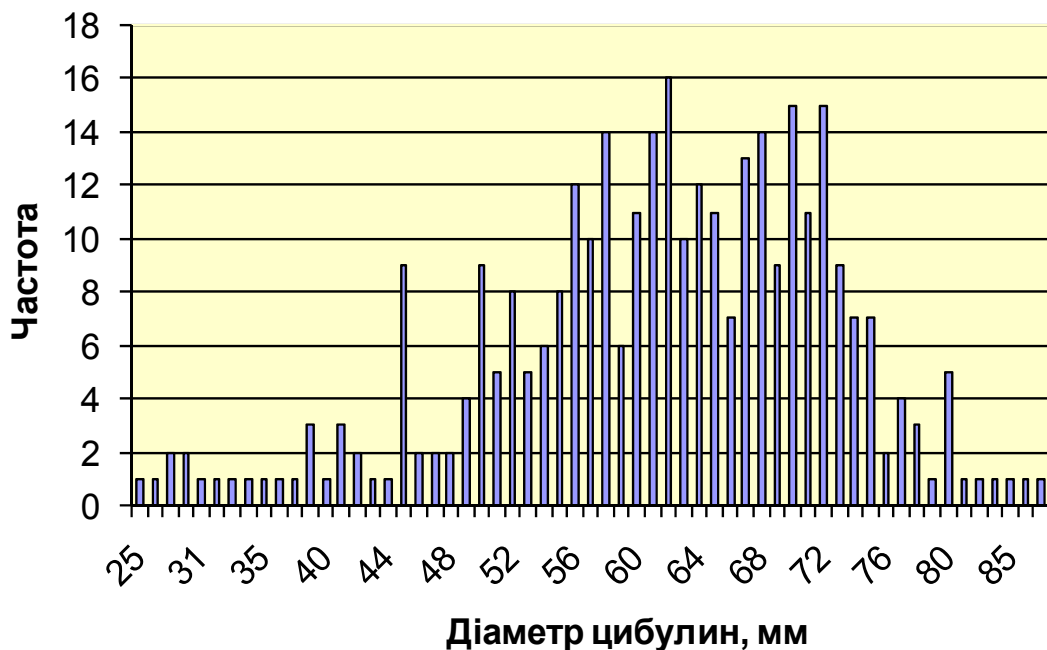


Рис. 4. Гістограма розподілу діаметра цибулі ріпчастої.

Для цибулі, що вирощується за технологією крапельного зрошення застосовується широкосмугова схема посіву. Чотири спарених рядка утворюють смугу шириною 1 м з відстанню між цими смугами в 70 см. На одну смугу розміщують дві трубки крапельного зрошення. Для визначення вибірки при дослідженні розмірних характеристик цибулі ріпчастої використовувалася рамка розміром 1x1 м (рис. 3), а для визначення поперечного діаметра цибулин –

штангенциркуль. Результати визначення розмірних характеристик цибулі ріпчастої оформляли у вигляді згрупованих варіаційних рядів, після обробки яких побудували гістограму розподілу діаметра цибулі ріпчастої (рис. 4). На підставі отриманих статистичних даних побудована діаграма розподілу товарних сортів цибулі ріпчастої залежно від поперечного діаметра (рис. 5).

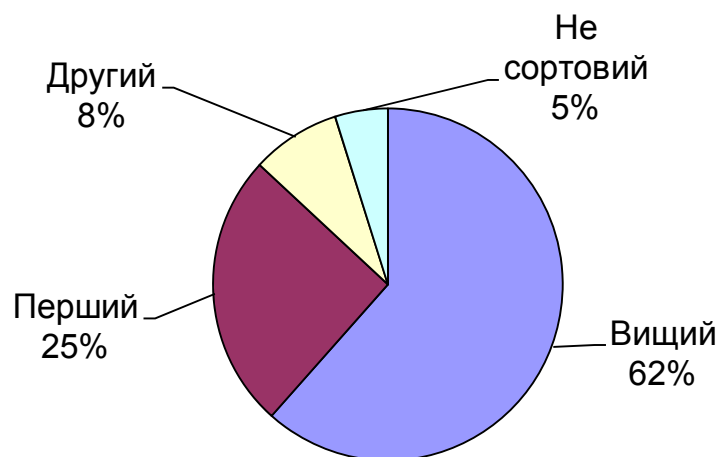


Рис. 5. Діаграма розподілу товарних сортів цибулі ріпчастої залежно від поперечного діаметра.

Цибуля ріпчата, що вирощена за технологією крапельного зрошення залежно від діаметра ділиться за сортами: вищий – 62%; перший – 25%; другий – 8%; не сортовий – 5%.

Висновок. Отримані результати дослідження є джерелом інформації для розробки нового долотоподібного робочого органу для викопування цибулі ріпчастої (обґрунтування відстані між долотами та ширини доліт для забезпечення викопування цибулі ріпчастої з одночасною сепарацією ґрунтових домішок).

Список літератури

1. Ромащенко М. І. Стан та перспективи овочівництва відкритого ґрунту / М. І. Ромащенко, А. П. Шатковський // [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://irrigation.org.ua/?p=22>.
2. Мігальов А. Машини для збирання цибулі в степовій зоні півдня України / А. Мігальов, В. Сидоренко, Ю. Міснік // Аграрна техніка та обладнання. – 2012. – № 1. – С. 49–51.
3. Соловьев А. В. Совершенствование технологии уборки лука с механической сепарацией лукового вороха : автореф. дис. на соискание научн. степени канд. техн. наук: спец. 05.20.01 «Технологии и средства механизации сельского хозяйства» / А. В. Соловьев. – Волгоград, 2008. – 20 с.
4. Маринин С. Перспективный рабочий орган для лукоуборочной техники / Материалы Международной научно-практической конференции молодых ученых [Энергосберегающие технологии и технические средства для их обеспечения в с-х производстве], (Минск, 25-26 авг. 2010 г.) / Нац. акад. наук Беларуси. – Минск: НЦП НАН Беларуси по механизации с-х, 2010. – С. 106–110.

5. *Ларюшин Н. П.* В основе разработки техники – физико-механические свойства картофеля / [Н. П. Ларюшин, О. Н. Кухарев, А. А. Кабунин и др.] // Картофель и овощи. – 2012. – № 7. – С. 10.
6. *Пастухов В. І.* Перспективи розвитку промислового виробництва овочів в Харківському регіоні / В. І. Пастухов // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – Харків, 2012. – Вип. 124. – Т. 1. – С. 221–232.
7. Дані офіційного сайту Держкомстат України, 1998-2014 [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua>.
8. *Витанов А.* Некоторые аспекты органического овощеводства / А. Витанов // Овощеводство. – № 2. – 2014. – С. 22–25.
9. *Кисляченко М. Ф.* Ефективність крапельного зрошення картоплі та овочевих культур в Україні [Електронний ресурс] – Режим доступу: [file:///C:/Users/User/Downloads/Pav_2014_25_18%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/User/Downloads/Pav_2014_25_18%20(1).pdf).
10. *Шкариковский Г.* Отдельные результаты исследования деятельности производителей сельскохозяйственной продукции Украины / Г. Шкариковский, Р. Шкариковский // Motrol: Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. – Lublin, 2014. – Vol. 16. – № 3. – P. 138–143.
11. *Mark Hickey.* Onion growing / Mark Hickey // Agfacts. – 2005. – № 8. – P. 25–31.
12. *Lorenzo M. Abenavoli.* Onion: harvesting and post-harvesting mechanized operations / Lorenzo M. Abenavoli, Ferruccio Giametta, Stefano Morabito // International Conference Beijing Sponsored by CIGR, CSAM and CSAE (11–14 October). – China. – Beijing, 2004.
13. *Ярмош І. А.* Економічна ефективність застосування технології післязбирального обробітку цибулі / І. А. Ярмош, С. М. Сидоренко // Таврійський науковий вісник: Науковий журнал. Випуск 65. – Херсон, 2009. – С. 128–134.
14. *Цибуля ріпчаста свіжа.* Технічні умови : ДСТУ 3234-95.– [Чинний від 1996-07-01]. – К.: Держстандарт України, 1996. – 19 с.

References

1. *Romashchenko, M. I., Shatkovs'kyi, A. P.* (2016). Stan ta perspektyvy ovochivnytstva vidkrytoho hruntu [Status and prospects of vegetable growing of an open ground] / [Elektronnyy resurs]. Rezhym dostupu: <http://irrigation.org.ua/?p=22>.
2. *Mihal'ov, A., Sydorenko, V., Misnik, Yu.* (2012). Mashyny dlya zbyrannya tsybuli v stepoviy zoni pivdnya Ukrayiny [Machines for harvesting of onion in the steppe zone of southern Ukraine]. Agricultural machinery and equipment, 1, 49–51.
3. *Solov'ev, A. V.* (2008). Sovershenstvovanye tekhnolohyy uborky luka s mekhanicheskoy separatsiyey lukovoho vorokha [Improving the technology of harvesting a bow with a mechanical separation onion heap] : avtoref. dys. na soyskanye nauchn. stepeny kand. tekhn. nauk: spets. 05.20.01 «Tekhnolohyy y sredstva mekhanizatsyy sel'skoho khozyaystva». Volhohrad, 20.
4. *Marynyn, S.* (2010). Perspektyvnyy rabochyy orhan dlya lukouborochnoy tekhniki [Promising work on for onion harvester equipment] / Materyaly Mezhdunarodnoy nauchno-praktycheskoy konferentsyy molodykh uchenykh [Enerhosberehayushchye tekhnolohyy y tekhnicheskyye sredstva dlya ykh obespechenyya v s-kh proyzvodstve], (Mynsk, 25-26 avh. 2010 h.) / Nats. akad. nauk Belarusy. Mynsk: NTsP NAN Belarusy po mekhanizatsyy s-kh, 106–110.
5. *Laryushyn, N. P., Kukharev, O. N., Kabunyn, A. A.* (2012). V osnove razrabotky tekhniki-fyzyko-mekhanicheskyye svoystva kartofelya [The basis for development of technology – physico-mechanical properties of potatoes]. Potatoes and vegetables, 7, 10.

6. *Pastukhov, V. I.* (2012). Perspektyvy rozvytku promysloвого виробnytstva ovochiv v Kharkivs'komu rehioni [Prospects for the development of industrial vegetable production in Kharkov region]. *Visnyk Kharkivs'koho natsional'noho tekhnichnoho universytetu sil's'koho hospodarstva imeni Petra Vasylenka*. Kharkiv, Vyp. 124, T. 1, 221–232.
7. *Dani ofitsiynoho saytu Derzhkomstat Ukrayiny, 1998-2014* [The official website the state statistics Committee of Ukraine, 1998-2014] [Elektronnyy resurs]. Rezhym dostupu: <http://www.ukrstat.gov.ua>.
8. *Vytanov, A.* (2014). Nekotorye aspekty orhanycheskoho ovoshchevodstva [Some aspects of organic vegetable production]. *Vegetable*, 2, 22–25.
9. *Kyslyachenko, M. F.* (2014). Efektyvnist' krapel'noho zroshennya kartopli ta ovochevykh kul'tur v Ukrayini [The efficiency of drip irrigation of potatoes and vegetable crops in Ukraine] [Elektronnyy resurs]. Rezhym dostupu: [file:///C:/Users/User/Downloads/Pav_2014_25_18%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/User/Downloads/Pav_2014_25_18%20(1).pdf).
10. *Shkaryvskyy, H., Shkaryvskyy, R.* (2014). Otdel'nye rezul'taty yssledovanyya deyatel'nosti proyzvodyteley sel'skokhozyaystvennoy produktsyy Ukrayny [Some results of the research activities of agricultural producers of Ukraine]. *Motrol: Commission of Motorization and Energetics in Agriculture*. Lublin, Vol. 16, 3, 138–143.
11. *Mark, Hickey.* (2005). Onion growing. *Agfacts*, 8, 25–31.
12. *Lorenzo M. Abenavoli, Ferruccio Giametta, Stefano Morabito.* (2004). Abenavoli. Onion: harvesting and post-harvesting mechanized operations. International Conference Beijing Sponsored by CIGR, CSAM and CSAE (11–14 October). China. Beijing, 20.
13. *Yarmosh, I. A., Sydorenko, S. M.* (2009). Ekonomichna efektyvnist' zastosuvannya tekhnolohiyi pislyazbyral'noho obrobittu tsybuli [Economic efficiency of application of technology of post-harvest handling of onions]. *Scientific Bulletin Tauride : Naukovyy zhurnal*. Vypusk 65. Kherson, 128–134.
14. *Tsybul'ya ripchasta svizha. Tekhnichni umovy* [Fresh onions. Specifications] (1996). : DSTU 3234-95.– [Chynnyy vid 1996-07-01]. K.: Derzhstandart Ukrayiny, 19.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗМЕРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЛУКА РЕПЧАТОГО ВЫРАЩЕННОЙ ПО ТЕХНОЛОГИИ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ

С. П. Маринин, Л. И. Маринина

Аннотация. В статье представлены результаты исследования размерных характеристик лука репчатого сорта «Глобус», выращенной по технологии капельного орошения. Основной проблемой производства овощей является низкий уровень технологического и технического обеспечения отрасли. Эта проблема практически является производной от первой, ведь современные технологии выращивания овощей в открытой почве базируются на полной механизации процесса выращивания, уборки и послеуборочной доработки овощной продукции.

Следует отметить, что отечественные машинопроизводители не выпускают сельскохозяйственную технику для механизации процессов выращивания овощей. Техника, произведенная за рубежом и используется в Украине для

сбора овощей, не приспособлена для использования в нашем регионе (в зависимости от типа почвы и физико-механических характеристик технологического материала), что приводит к некачественному выполнению технологических процессов.

Полученные результаты исследования являются источником информации для разработки нового долотоподобного рабочего органа для выкопки лука репчатого (обоснование расстояния между долотами и ширины долот для обеспечения выкапывания лука репчатого с одновременной сепарацией почвенных примесей).

Ключевые слова: овощи, лук репчатый, площадь, капельное орошение, товарный сорт, диаметр

RESEARCH OF SIZE CHARACTERISTICS OF ONIONS GROWN UNDER DRIP IRRIGATION

S. P. Marinin, L. I. Marinina

Abstract. *The paper presents the results of research of the size characteristics of onion varieties Globus grown on drip irrigation technology. The main problem of the vegetable production is the low level of technological and technical support in the industry. This problem practically is derived from the first, because modern technologies of cultivation of vegetables in open ground are based on full mechanization of process of cultivation, harvesting and post harvest handling of vegetables.*

It should be noted that the domestic machineprofile do not produce agricultural equipment for the mechanization of the processes of growing vegetables. Equipment produced abroad and used in Ukraine for the collection of vegetables, not adapted for use in our region (depending on the soil type and physico-mechanical characteristics of the process material), which leads to poor implementation process.

The obtained results are a source of information for the development of new bitlike the working body for digging onions (justification of the distance between the bit and width bits to enable the excavation of the onion with simultaneous separation of the soil impurities).

Key words: vegetables, onion, square, drip irrigation, commercial grade, diameter

БАЛАНС ПОТУЖНОСТІ ЦИЛІНДРИЧНОЇ ЩІТКИ ПРИ ВЗАЄМОДІЇ З ҐРУНТОМ

***А. В. Войтік, В. В. Кравченко, О. С. Пушка,
кандидати технічних наук
Уманський національний університет садівництва
e-mail: pushka79@yandex.ru***

Анотація. В статті розглянуто баланс потужності циліндричної щітки з вертикальною віссю обертання при розкритті кореневої системи маточних рослин. Проаналізовано два варіанти щіток з різними варіантами розміщення ворсу на поверхні – поодиночі або у пучках. Визначено продуктивність щіток відповідно до способу розміщення ворсу. Встановлено, що потужність при роботі щітки витрачається на тертя, деформацію ворсу, відокремлення частинок ґрунту та їх відкидання. Враховуючи варіанти розміщення ворсу на поверхні щіток та кінематичні параметри їх роботи – швидкість руху агрегату та колова швидкість щітки, які також залежать від способу розміщення ворсу, зроблено графічний аналіз як складових, так і загального значення потужності, необхідної для приводу щітки. Також, проведено аналіз балансу потужності залежно від типу ґрунту, яким вкривається коренева система маточних рослин, а саме його щільності.

Ключові слова: *ворс, пруток, пучок, потужність, ґрунт, продуктивність*

Постановка проблеми. Виробництво плодкових саджанців починається з вирощування підщеп. Зараз в Україні 20% саджанців вирощується за допомогою насіннєвого розмноження, а 80% – вегетативного розмноження. Клонові підщепи є найбільш поширеними так, як мають найбільшу врожайність, забезпечують високу продуктивність саду і застосування комплексної механізації виробництва продукції садівництва. Також потрібно брати до уваги те, що для вирощування підщеп насіннєвим способом є набір універсальної сільськогосподарської техніки, а для вирощування клонових підщеп така техніка тільки розробляється.

Витрати праці на вирощування 1 тис. штук клонових підщеп становлять близько 15,5 люд.-год. [1]. Такі технологічні операції як апробація маточних кущів, інвентаризація, навішування етикеток,

БАЛАНС ПОТУЖНОСТІ ЦИЛІНДРИЧНОЇ ЩІТКИ ПРИ ВЗАЄМОДІЇ З ҐРУНТОМ

***А. В. Войтік, В. В. Кравченко, О. С. Пушка,
кандидати технічних наук
Уманський національний університет садівництва
e-mail: pushka79@yandex.ru***

Анотація. В статті розглянуто баланс потужності циліндричної щітки з вертикальною віссю обертання при розкритті кореневої системи маточних рослин. Проаналізовано два варіанти щіток з різними варіантами розміщення ворсу на поверхні – поодиночі або у пучках. Визначено продуктивність щіток відповідно до способу розміщення ворсу. Встановлено, що потужність при роботі щітки витрачається на тертя, деформацію ворсу, відокремлення частинок ґрунту та їх відкидання. Враховуючи варіанти розміщення ворсу на поверхні щіток та кінематичні параметри їх роботи – швидкість руху агрегату та колова швидкість щітки, які також залежать від способу розміщення ворсу, зроблено графічний аналіз як складових, так і загального значення потужності, необхідної для приводу щітки. Також, проведено аналіз балансу потужності залежно від типу ґрунту, яким вкривається коренева система маточних рослин, а саме його щільності.

Ключові слова: *ворс, пруток, пучок, потужність, ґрунт, продуктивність*

Постановка проблеми. Виробництво плодкових саджанців починається з вирощування підщеп. Зараз в Україні 20% саджанців вирощується за допомогою насіннєвого розмноження, а 80% – вегетативного розмноження. Клонові підщепи є найбільш поширеними так, як мають найбільшу врожайність, забезпечують високу продуктивність саду і застосування комплексної механізації виробництва продукції садівництва. Також потрібно брати до уваги те, що для вирощування підщеп насіннєвим способом є набір універсальної сільськогосподарської техніки, а для вирощування клонових підщеп така техніка тільки розробляється.

Витрати праці на вирощування 1 тис. штук клонових підщеп становлять близько 15,5 люд.-год. [1]. Такі технологічні операції як апробація маточних кущів, інвентаризація, навішування етикеток,

сортування, підрахунок, зв'язування відсадків у пучки, їх прикопка й т.п., носять організаційний специфічний характер, їхня механізація найближчим часом мало ймовірна, а загальна сума затрат праці на їхнє виконання становлять 417 люд-год./га. З іншої частини затрат праці лише приблизно 9-12% виконуються механізовано. На розкриття й відокремлення відсадків припадає майже половина (близько 52%) від загальних затрат праці протягом року.

Вирішити дану проблему можна шляхом застосування спеціальних машин з гнучкими робочими елементами, що дозволять мінімізувати пошкодження тендітної деревини клонових підщеп. Однією з таких машин є розкривач РВМ-1, але для підвищення якості його роботи потрібно обґрунтувати параметри активних щіток, які є основними робочими органами машини.

Аналіз останніх досліджень. Енергетичні та кінематичні розрахунки щіткових пристроїв викладені в роботах Гусєва Л. М. [2]. Ним розглянуто питання відкидання щіткою частинок, отримані емпіричні формули для визначення швидкостей вильоту частинок, рівних швидкості кінців ворсу щітки. Запропоновано методику розрахунку щіток підмітальних машин з капроновим ворсом, по якій пропонується визначати силу нормального тиску ворсу на поверхню, що очищається.

Визначенню основних параметрів і режимів роботи щіткових пристроїв підмітальних машин присвячені роботи Карабана Г. П. Він поділив циліндричні щітки по розташуванню ворсу на каркасі на два види [3]. У щітках першого виду ворс розміщений рівномірно, щітки другого виду зібрані з окремих звичайно шість-вісім ворсин. Ним отримано залежність для визначення кількості ворсинок, які необхідно розмістити на циліндричній щітці. Встановлено залежність вертикальної реакції на щітку, обумовлену пружними характеристиками щіткового пристрою, при максимальній величині прогину.

У роботах Буковця О. І. встановлено, що величина сумарного прогину ворсу близька до величини прогину від сил пружності, прогин від дії відцентрових сил не робить істотного впливу [4].

Ворзоніним В. А. досліджена аеродинаміка щітки, що обертається, визначені швидкості повітря в зазорі між обертовим активізатором і поверхнею ґрунту [5]. Експериментальним шляхом визначена транспортувальна здатність прутків щіток. Розгляд робочого процесу руху частинок ґрунту по поверхні змітаючого елемента показує, що кінцева швидкість їх відносного переміщення починає збільшуватися від нуля, коли частки лежать на поверхні валка, до максимальної, коли частки переміщаються по передній поверхні елементу і сходять з нього при дотриманні умови відриву. У період сходу частки з поверхні змітаючого елемента, її абсолютна

швидкість складається з відносної і переносної швидкостей. Співвідношення цих швидкостей визначає момент розвантаження елемента. У дослідженнях Михайлова А. В. розглянуто політ матеріальної точки, кинutoї щіткою під кутом до горизонту з початковою швидкістю [6]. При визначенні параметрів траєкторії руху в роботі були зроблені наступні припущення: розглядається рух ізольованої матеріальної частки без урахування впливу суміжних шарів ґрунтової маси; частинки мають плоску форму і не можуть перекочуватися; частинки рухаються ізольовано одна від одної за непересічними траєкторіями.

Мета досліджень. Застосування щіток у сільському господарстві досліджено мало. Всі основні роботи даного напрямку стосуються техніки для утримання автошляхів, міських територій та злітних смуг аеропортів. Але процес розкриття кореневої системи маточних рослин відрізняється від вищезгаданих процесів як умовами виконання, так і тим, що робочі органи взаємодіють із ґрунтом та живою рослиною, а не з асфальтовим чи бетонним покриттям. Метою даної роботи є визначення таких параметрів циліндричної щітки, при яких вона зможе якісно видаляти ґрунт з валка з мінімальними пошкодженнями рослин.

Результати досліджень. Циліндричні щітки, що використовуються для механізованого догляду за твердим штучним покриттям залежно від способу змитання сміття можна розділити на два типи: ті, що подають частинки сміття на транспортуючий пристрій та ті, що закидають їх у бункер. В нашому випадку машина RBM-1 немає додаткових транспортерів для видалення відокремлених щіткою частинок ґрунту, а тому в наших подальших розрахунках будемо розглядати другий варіант щіток. Така щітка повинна відокремити частинки ґрунту з валка і відкинути їх у міжряддя. В цьому випадку колова швидкість кінців прутків ворсу повинна бути достатньою для надання частинкам ґрунту необхідної відцентрової швидкості. Попередніми дослідженнями встановлено, що для таких щіток прутки ворсу повинні бути зібрані в пучки по 6...8 штук у кожному [7]. Пучки в свою чергу повинні бути рівномірно розміщені на циліндричній поверхні барабана щітки. Кінематичний показник λ (відношення колової швидкості щітки до поступальної швидкості агрегату) таких щіток знаходиться в межах 4-5. Така щітка відкидає ґрунт на значну відстань (до 3 м), а враховуючи невелику ширину міжрядь маточних насаджень, видалені частинки ґрунту потрапляють на сусідні рядки, що є суттєвим недоліком.

На іншому типі щіток ворс зазвичай розміщується по одному прутку в певному порядку і їх кінематичний показник роботи знаходиться в межах від 1,1 до 2. Проаналізуємо обидва типи щіток.

Знаючи продуктивність щітки можна визначити масу ґрунту, що видаляється одним прутком ворсу або одним пучком за один оберт.

Для щіток з окремо закріпленими ворсинами:

$$W = \frac{v_a \delta_{\Gamma} d_B i_B \beta \lambda}{2\pi K_p n}; \quad (5)$$

Для щіток з пучками ворсу:

$$W = \frac{v_a \delta_{\Gamma} d_{\Pi} i_{\Pi} \beta_c}{2\pi K_p n}, \quad (6)$$

де: n – частота обертання щітки, с^{-1} .

Потужність N , необхідна для приводу циліндричної щітки, визначається сумою складових

$$N = N_T + N_d + N_o + N_B, \quad (7)$$

де: N_m – потужність на подолання сил тертя ворсу об ґрунт; N_d – потужність на деформацію ворсу; N_o – потужність на подолання сил опору ґрунту; N_e – потужність на відкидання ґрунту.

Потужність на подолання сил тертя ворсу об ґрунтовий валок з врахуванням ККД приводної трансмісії складає

$$N_T = \frac{Pf}{1000} \left(\frac{u}{\eta_{\text{щ}}} + \frac{v_a}{\eta_{\Gamma}} \right), \quad (8)$$

де: P – реакція основи ґрунтового валка на ворс щітки (з врахуванням кількості ворсин, що одночасно перебувають у контакті з ґрунтом), Н; f – коефіцієнт тертя ворсу об ґрунт; u – колова швидкість кінців прутків ворсу, м/с; $\eta_{\text{щ}}$ – ККД трансмісії приводу щітки; η_m – ККД трансмісії трактора.

Потужність на деформацію ворсу:

$$N_d = \frac{P(5\Delta l + f(l - \Delta l))\omega}{1000\eta_{\text{щ}}}, \quad (9)$$

де: ω – кутова швидкість щітки, рад/с.

Потужність для подолання сил опору ґрунту визначається аналогічно ґрунтообробним фрезам.

$$N_o = 0,06v_a LKH, \quad (9)$$

де: L – довжина траєкторії ворсини в період її контакту з ґрунтовим валком, м; K – питомий опір ґрунту, Кн/м.

$$L = 2 \left(R_{\text{щ}} + \frac{v_a}{\omega} \right) \arcsin \frac{\sqrt{R_{\text{щ}}(h - R_{\text{щ}})}}{R_{\text{щ}}}, \quad (10)$$

Потужність на відкидання ґрунту визначимо через секундну продуктивність щітки:

$$N_B = \frac{Wu^2}{2}. \quad (11)$$

Загальні витрати потужності проаналізовані графічним методом (рис. 2) для двох варіантів щіток, залежно від способу розміщення ворсу на поверхні.

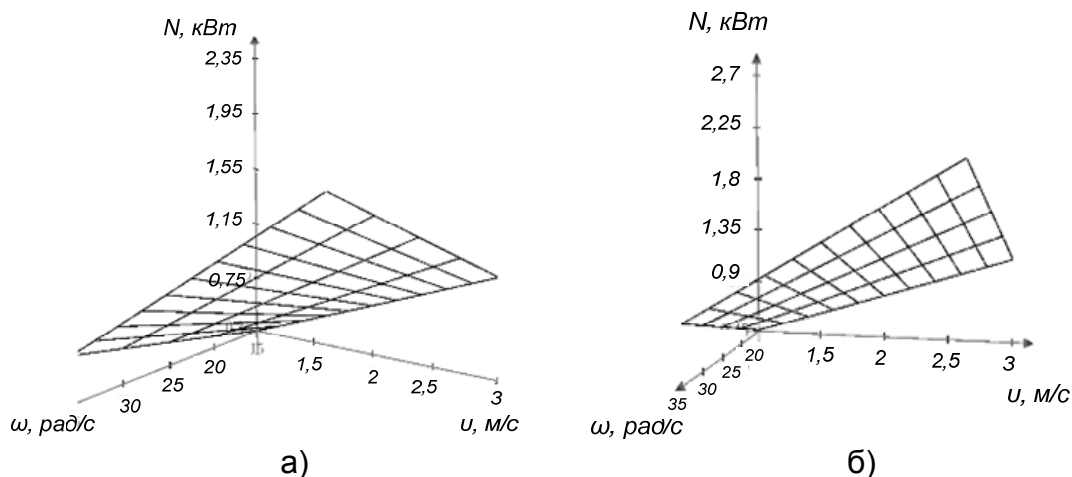


Рис. 2. Залежність потужності на привід щітки від кінематичних показників: а) з розміщенням ворсу поодинці; б) з розміщенням ворсу пучками.

Висновки

Між потужністю на привід щітки та щільністю ґрунту існує пряма залежність. Можна зробити висновок, що вкривати кореневу систему маточних рослин краще субстратом (сумішшю ґрунту, піску та деревної тирси), щільність якої знаходиться в межах 520...700 кг/м³.

Кінематичні параметри щітки такі, як колова швидкість обертання щітки та швидкість руху агрегату, також при зростанні призводять до збільшення затрат потужності. Так, для приводу щітки висотою 25 см та діаметром 40 см при розкритті ґрунтового валка щільністю 1300 кг/м³ потрібно в середньому затрати потужності: при розміщенні ворсинок на поверхні щітки окремо – 0,73 кВт, при розміщенні ворсу пучками – 0,85 кВт. Аналіз показав, що при розміщенні ворсу пучками затрачається на 15 % потужності більше, ніж при розміщенні ворсу поодинці на поверхні щітки. Це пояснюється тим, що ворс, розміщений пучками, важче деформується і на це затрачається більше енергії. Також зростає реакція ґрунтової основи і, як наслідок, збільшується сила тертя.

Для розкриття кореневої системи маточних рослин рекомендується використовувати щітки з розміщенням прутків ворсу поодинці. Такі щітки працюють при менших значеннях кінематичного показника, що забезпечує необхідну відстань відкидання ґрунту, та споживають в процесі роботи меншу потужність.

Список літератури

1. *Фришев С. Г.* Обґрунтування і розробка технологічного комплексу машин для вирощування садивного матеріалу плодкових культур. Дис. д-ра техн. наук: 05.20.01 / Національний аграрний ун-т : С. Г. Фришев. – К., 1999. – 287 с.
2. *Гусев Л. М.* Исследования работы щеточных устройств с цилиндрическими щетками подметально-уборочных машин / Л. М. Гусев. – Л.: МКХ РСФСР, 1968. – 71 с.

3. *Карабан Г. А.* Машины для содержания и ремонта автомобильных дорог и аэродромов / *Карабан Г. А., Баловнев В. И., Засов И. А.* – М.: Машиностроение, 1975. – 368 с.
4. *Буковец О. И.* Некоторые кинематические зависимости пучковых щеток / *О. И. Буковец* // Науч. тр. АКХ им. Памфилова. – М., 1976. – Вып. 129. – С. 52–55.
5. *Ворзонин В. А.* Исследование процесса пневматической уборки фрезерного торфа с применением щеточного активатора. Автореф. дисс... канд. техн. наук : *В. А. Ворзонин.* – Калинин, 1978. – 25 с.
6. *Михайлов А. В.* Щеточные торфяные машины / *А. В. Михайлов* // Сб. науч.тр. – СПб.: Изд. ВНИИТП. – Вып. 71. – 1994. – 170 с.
7. *Ермилов А. Б.* Расчёт и проектирование машин для летнего содержания дорог / *А. Б. Ермилов.* – М.: Изд-во МАДИ, 1988. – 87 с.

References

1. *Fryshev, S. H.* (1999). Obgruntuvannya i rozrobka tekhnolohichnoho kompleksu mashyn dlya vyroshchuvannya sadyvnoho materialu plodovykh kul'tur [Rationale and development of the technological complex of machines for cultivation of a landing material of fruit crops]. Dys. d-ra tekhn. nauk: 05.20.01 / Natsional'nyy ahrarnyy un-t. K., 287.
2. *Husev, L. M.* (1968). Yssledovannya raboty shchetochnykh ustroystv s tsylyndrycheskymy shchetkamy podmetal'no-uborochnykh mashyn [Research work of the brush device cylindrical brush sweeper, sweepers]. L.: MKKh RSFSR, 71.
3. *Karaban, H. A., Balovnev, V. Y., Zasov, Y. A.* (1975). Mashyny dlya soderzhannya y remonta avtomobyl'nykh doroh y aэrodromov [Machine for maintenance and repair of roads and airfields]. M.: Mashynostroenye, 368.
4. *Bukovets, O. Y.* (1976). Nekotorye kynematycheskiye zavysymosti puchkovykh shchetok [Some of the kinematic dependences of beam brushes]. Nauch. tr. AKKh ym. Pamfylova. M., Vyp. 129, 52–55.
5. *Vorzonyin, V. A.* (1978). Yssledovanye protsessa pnevmatycheskoy uborky frezernoho torfa s prymeneniyem shchetochnoho aktyvatora [The study of the process of pneumatic cleaning milling peat with the use of the brush activator]. Avtoref. dyss... kand. tekhn. nauk. Kalynyn, 25.
6. *Mykhaylov, A. V.* (1994). Shchetochnye torfyanye mashyny [Brush peat machines]. Sb. nauch.tr. SPb.: Yzd. VNYITP, Vyp. 71, 170.
7. *Ermylov, A. B.* (1988). Raschet y proektyrovanye mashyn dlya letneho soderzhannya doroh [Calculation and design of cars for summer road maintenance]. M.: Yzd-vo MADY, 87.

БАЛАНС МОЩНОСТИ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ЩЕТКИ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ С ГРУНТОМ

А. В. Войтик, В. В. Кравченко, А. С. Пушка

Аннотация. В статье рассмотрен баланс мощности цилиндрической щетки с вертикальной осью вращения при раскрытии корневой системы маточных растений. Проанализировано два варианта щеток с разными вариантами размещения ворса на поверхности – поштучно или в пучках. Определена производительность щеток согласно способу размещения ворса. Установлено, что мощность при работе щетки затрачивается на трение, деформацию ворса, отделение частичек почвы и их отбрасывание. Учитывая варианты размещения ворса на поверхности щеток и кинематические

параметры их работы – скорость движения агрегата и круговая скорость щетки, которые также зависят от способа размещения ворса, сделан графический анализ, как составляющих, так и общего значения мощности, необходимой для привода щетки. Также, проведен анализ баланса мощности в зависимости от типа почвы, а именно его плотности, которым укрывается корневая система маточных растений.

Ключевые слова: ворс, пруток, пучок, мощность, грунт, производительность

BALANCE OF POWER CLINDAMICINA BRUSH IN INTERACTION WITH SOIL

A. V. Voytik, V. V. Kravchenko, O. S. Pushka

Abstract. *This paper considers the balance of power of cylindrical brush with vertical axis of rotation during the disclosure of the mother plants root system. Analyzed two variants of brushes with different ways of placing the pile on the surface – singly or in bunches. Determined the efficiency of brushes according to the way of pile placement. It is established that the power during work of the brush is spent on the brush friction, pile deformation, separation of the soil particles and their rejection. The graphic analysis of both components and the overall value of power, required to drive the brush, is made, considering the options of pile placement on the brush surface and kinematic parameters of their work - the speed of the unit and the circular speed of the brush, which also depends on the way of pile placement. The analysis of balance of the power according to the soil type is done as well, especially its density, which covers the root system of mother plants.*

Key words: *pile, rod, beam, power, ground, performance*

УДК 631.354.2

ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМИ МАСОВОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ЗАТРАТ НА ОБСЛУГОВУВАННЯ КОМБАЙНІВ

О. В. Надточій, кандидат технічних наук

Л. Л. Тімова, магістр

e-mail: lyginu@mail.ru

Анотація. *В статті представлено аналіз сумарних затрат експлуатації зернозбиральних комбайнів при використанні оптимальної кількості обслуговуючих ланок визначених за допомогою системи масового обслуговування. Мінімальні сумарні*

© О. В. Надточій, Л. Л. Тімова, 2016

параметры их работы – скорость движения агрегата и круговая скорость щетки, которые также зависят от способа размещения ворса, сделан графический анализ, как составляющих, так и общего значения мощности, необходимой для привода щетки. Также, проведен анализ баланса мощности в зависимости от типа почвы, а именно его плотности, которым укрывается корневая система маточных растений.

Ключевые слова: ворс, пруток, пучок, мощность, грунт, производительность

BALANCE OF POWER CLINDAMICINA BRUSH IN INTERACTION WITH SOIL

A. V. Voytik, V. V. Kravchenko, O. S. Pushka

Abstract. *This paper considers the balance of power of cylindrical brush with vertical axis of rotation during the disclosure of the mother plants root system. Analyzed two variants of brushes with different ways of placing the pile on the surface – singly or in bunches. Determined the efficiency of brushes according to the way of pile placement. It is established that the power during work of the brush is spent on the brush friction, pile deformation, separation of the soil particles and their rejection. The graphic analysis of both components and the overall value of power, required to drive the brush, is made, considering the options of pile placement on the brush surface and kinematic parameters of their work - the speed of the unit and the circular speed of the brush, which also depends on the way of pile placement. The analysis of balance of the power according to the soil type is done as well, especially its density, which covers the root system of mother plants.*

Key words: *pile, rod, beam, power, ground, performance*

УДК 631.354.2

ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМИ МАСОВОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ЗАТРАТ НА ОБСЛУГОВУВАННЯ КОМБАЙНІВ

О. В. Надточій, кандидат технічних наук

Л. Л. Тімова, магістр

e-mail: lyginu@mail.ru

Анотація. *В статті представлено аналіз сумарних затрат експлуатації зернозбиральних комбайнів при використанні оптимальної кількості обслуговуючих ланок визначених за допомогою системи масового обслуговування. Мінімальні сумарні*

© О. В. Надточій, Л. Л. Тімова, 2016

витрати на обслуговування групи комбайнів можливі при використанні оптимальної кількості обслуговуючих ланок визначені за допомогою системи масового обслуговування.

Сумарні витрати незначно залежать від року експлуатації комбайнів та річного їх завантаження. Ці витрати зменшується відповідно у межах від 13,63% до 3,12%. Більший вплив на величину витрат здійснює кількість цих комбайнів у групі.

Формування неоптимальної кількості обслуговуючих ланок дає втрати коштів від 3187 до 1881 гривень (1 і 7 роки експлуатації). Виробникам на період жнив варто залучати додаткових фахівців обслуговування, для необхідної оптимальної кількості ланок, що дасть змогу нівелювати додаткові втрати і знизити собівартість, в тому числі і за рахунок якості зерна через дотримання строків жнив.

Ключові слова: *система, масове обслуговування, оптимізація, затрати, комбайни*

Постановка проблеми. В сучасній Україні нині склалася така цінова політика на сільськогосподарську техніку, запасні частини до неї і, не дивлячись на падіння цін на чорне золото, ціни на паливо-мастильні матеріали, що сільгоспвиробники, реалізуючи отриману продукцію, не в змозі в повному об'ємі оновити застарілі машини на нові, що призводить до ще більшого старіння парку і підвищення затрат на його утримання.

Загалом же середнє навантаження на 1 комбайн [1] за 2012 рік склало 285 га чи 822 т (при урожайності 3,03), а враховуючи технічний стан (79% справних) відповідно 358 га чи 1035 т. При цьому з кожним роком незмінною залишається тенденція до зниження кількості комбайнів (рис. 1).

Прийнявши за основу 1815 комбайнів за 3 роки Україна втратила майже 5400 комбайнів. Це, в свою чергу, призводить до збільшення навантаження на комбайн. У розвинутих країнах світу по мірі старіння техніки сезонне навантаження на техніку знижується.

В Україні навпаки – техніка, в тому числі комбайни, спрацьовується, старіє, а сезонне навантаження постійно збільшується.

Утворене замкнене коло, вихід з якого може бути лише шляхом зміни або ж політики, або ж пошуку різних оптимізаційних підходів до експлуатації і сервісу того, що лишилося.

Зважаючи, що перше навряд чи варто очікувати ближчих 5, а то й 10 років, оптимізація складу служби сервісу зернозбиральних комбайнів при різному їх річному завантаженні є актуальним завданням.

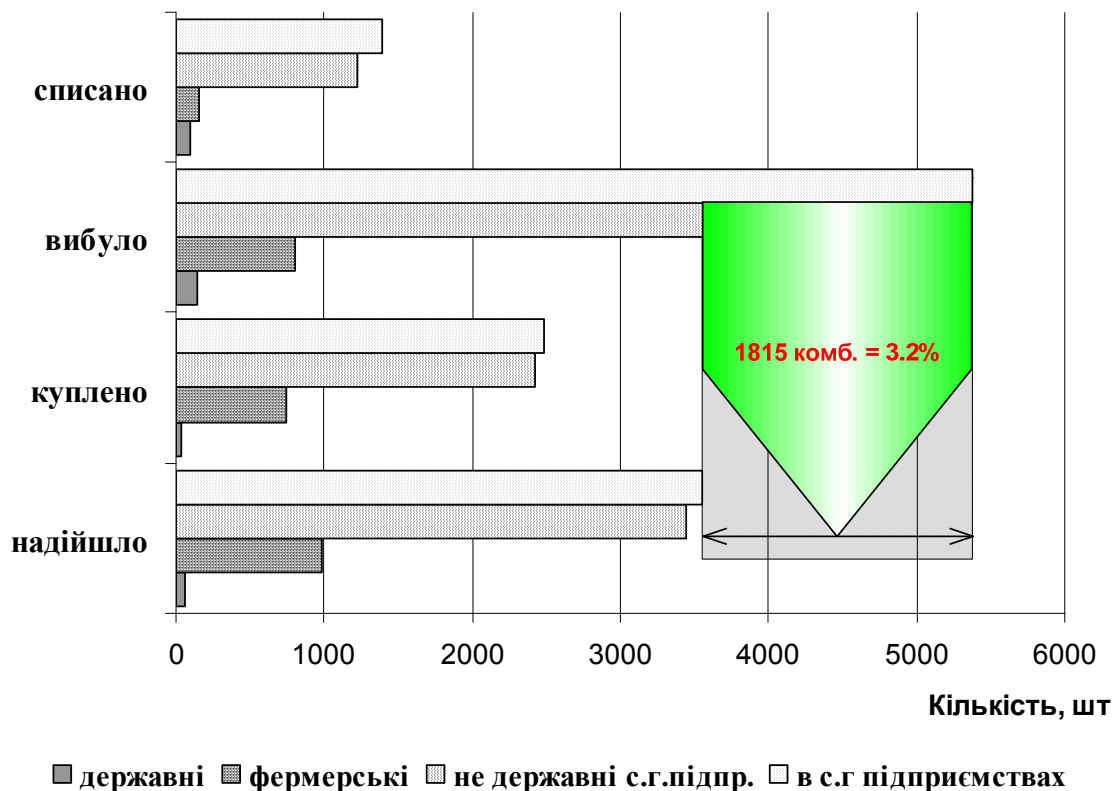


Рис. 1. Рух зернозбиральних комбайнів у сільськогосподарських підприємствах протягом 2015 року.

Мета досліджень. Оптимізувати склад служби сервісу зернозбиральних комбайнів при різному їх річному завантаженні на основі теорії масового обслуговування, з використанням даних, отриманих за результатами збору і математичного обробітку статистичної інформації.

Аналіз останніх досліджень. Сучасні фермерські господарства практично не мають власної ремонтної обслуговуючої бази. За літературними даними [2–5] кількість тих хто має складає від 15–23%.

Недостатня забезпеченість господарств високопродуктивними зернозбиральними комбайнами, низька їх поновлюваність, а також незадовільний якісний стан (близько 70% машин має термін служби більше 8–10 років) призвели до непосильного навантаження на комбайн. За цих умов це сприяє затягуванню строків виконання збиральних робіт, порушенню вимог агротехніки і, як наслідок, значного недобору урожаю. За наявного парку комбайнів 70% виробництва країн СНГ з нижчим коефіцієнтом надійності (близько 0,6) таке навантаження призводить до затягування строків збирання на 25 і більше діб. Затягування строків збирання пояснюється і слабкою наявністю і організацією роботи ремонтно-обслуговуючої бази. При цьому при раціональній організації роботи сервісної

служби час на сервіс скорочується на 8–12%, ремонт – на 20–25%. Виникає потреба в новому підході до організації технічного сервісу машин в АПК, в тому числі і зернозбиральних комбайнів. При цьому варто використати досвід як наш так і закордонний.

Результати досліджень. Ефективність використання зернозбиральних комбайнів суттєво залежить від організації системи технічного обслуговування. Потребу в технічному сервісі зернозбиральних комбайнів залежить від багатьох обставин: вони потребують в періодичній заправці паливом та мастильними матеріалами; в процесі експлуатації вони втрачають свою роботу здатність, а для її відновлення потребують ремонту за заявкою; вони потребують періодичного технічного обслуговування для попередження відмов і неполадок, що забезпечується такими видами робіт, як оглядових, очисно-мийних, змашувальних, регулювальних та діагностичних і кріпильних. Технічне обслуговування зернозбиральних комбайнів здійснюється службою технічного обслуговування. З метою ефективного функціонування цієї служби необхідно оптимізувати кількість основних системоутворюючих об'єктів до яких слід віднести агрегати технічного обслуговування (АТО), заправники та машини для польового ремонту.

Для визначення кількості заправників необхідно мати дані по витраті палива зернозбиральними комбайнами на гектар зібраної площі $Q_{га}$. Знаючи максимальну змінну продуктивність $W_{зм}^{max}$ за період жнив, місткість заправника V_3 , кількість рейсів заправника за зміну n_p , можна визначити кількість заправних агрегатів на один комбайн за формулою:

$$N_{за} = \frac{Q_{га} \cdot W_{зм}^{max}}{V_3 \cdot n_p \cdot \Delta V}, \quad (1)$$

де ΔV – коефіцієнт використання об'єм заправника (приймаємо 0,95).

В результаті обробки зібраних статистичних даних по господарствах Київської та Черкаської областей була визначена середня витрата палива на гектар зібраної площі. При цьому господарства мали різне навантаження на один зернозбиральний комбайн. Варто зазначити, що витрата палива визначалася із врахуванням витрати на холості переїзди, повороти та роботу на зупинках і проведення ТО чи ремонту.

Загалом дані показали, що мінімальна експлуатаційна витрата пального зернозбиральних комбайнів характерна для тих господарств, які мали навантаження на один комбайн від 600-800 га

за жнива. Саме в таких господарствах максимально використовується одна із складових часу зміни, час на холості переїзди. Для малих (фермерських) господарств суттєві затрати часу на усунення технологічних відмов (забивання), більшість з яких усуваються при працюючому двигуні. Ці причини і спричинили суттєвий вплив на характер зміни експлуатаційної витрати палива.

Іншою статистичною зібраною інформацією був аналіз витрат палива зернозбиральних комбайнів враховуючи при цьому рік експлуатації. Виходячи з цього аналізу можна відмітити, що для комбайнів з пропускною здатністю від 7 до 9 кг/с витрата палива знижується лише у перші три роки експлуатації. При цьому найбільша витрата становила саме в перший рік експлуатації. Скоріш за все на це вплинула при роботка деталей двигуна і та кількість відмов та поломок, що вплинуло загалом на продуктивність та наробіток комбайна.

Результати розрахунків показують, що для господарств з малою кількістю комбайнів до 3 неефективно мати механізовані заправники типу МЗ-3905Т чи інші. І навпаки при кількості комбайнів 20 і більше достатньо мати 2 таких заправника при навантаженнях на комбайн від 150...800 га.

З метою виявлення найбільш ефективної системи ТО були виконані розрахунки сумарних витрат на ТО зернозбиральних комбайнів. При цьому моделювалися варіанти різної інтенсивності використання комбайнів (наробіток за жнива) при варіації в моделі кількості каналів обслуговування системою.

Для цього розглядався граф стану системи (зернозбиральні комбайни) (рис. 2).

У відповідності з рис. 2. розраховані щільності потоку вимог λ та інтенсивність обслуговування μ для господарств з різним річним навантаженням на один комбайн і різною кількістю комбайнів в господарстві (табл. 1).

Для реалізації даної моделі був розроблений алгоритм (рис. 3), в якому розраховувалися по кожному з років експлуатації та річному наробітку: середня довжина черги; середнє число вимог, які очікують обслуговування; середнє число вільних від обслуговування каналів; коефіцієнт простою замовлень в черзі; коефіцієнт використання замовлень; коефіцієнт простою обслуговуючих ланок; повні середні втрати від простою вимог у черзі і не завантаженості каналів; час очікування в черзі. За оптимальну кількість каналів приймалося число при мінімальних повних середніх втратах від простою вимог у черзі і не завантаженості каналів. Для розрахунку щільності потоку вимог λ та інтенсивності обслуговування μ враховували що: $\lambda = \frac{1}{t_{\text{нар}}}$.

1. Щільність потоку вимог λ та інтенсивність обслуговування за роками експлуатації та річним наробітком

Роки експл. комбайнів	Кількість, од.	Річний наробіток, га (інтервали і їх середини)						μ , 1/год.
		150-180	470-500	630-660	780-810	840-870	1000-1030	
		165	485	645	795	855	1015	
		λ , 1/год.						
1 рік	3	0,218	0,179	0,181	0,175	0,179	0,157	0,612
	5	0,364	0,298	0,3025	0,291	0,298	0,262	
	10	0,727	0,596	0,604	0,582	0,596	0,524	
	15	1,091	0,894	0,906	0,873	0,894	0,785	
	20	1,454	1,193	1,208	1,164	1,193	1,047	
2 рік	3	0,455	0,373	0,378	0,364	0,373	0,327	0,3138
	5	0,757	0,621	0,629	0,606	0,621	0,545	
	10	1,515	1,242	1,259	1,212	1,242	1,090	
	15	2,273	1,864	1,889	1,818	1,864	1,636	
	20	3,03	2,485	2,518	2,424	2,484	2,182	
3 рік	3	0,4	0,328	0,332	0,32	0,328	0,288	0,4
	5	0,667	0,547	0,554	0,533	0,547	0,48	
	10	1,333	1,093	1,108	1,066	1,093	0,96	
	15	2	1,64	1,662	1,6	1,64	1,44	
	20	2,667	2,187	2,216	2,133	2,187	1,92	
4 рік	3	0,291	0,238	0,242	0,233	0,238	0,209	0,4464
	5	0,484	0,397	0,402	0,387	0,397	0,349	
	10	0,969	0,795	0,805	0,775	0,795	0,698	
	15	1,454	1,192	1,208	1,163	1,192	1,047	
	20	1,939	1,590	1,611	1,551	1,590	1,396	
5 рік	3	0,236	0,193	0,196	0,189	0,193	0,170	0,4256
	5	0,393	0,323	0,327	0,315	0,323	0,283	
	10	0,787	0,646	0,654	0,630	0,646	0,567	
	15	1,181	0,969	0,982	0,945	0,969	0,850	
	20	1,575	1,292	1,309	1,260	1,292	1,134	
6 рік	3	0,227	0,186	0,188	0,181	0,186	0,163	0,46
	5	0,378	0,310	0,314	0,303	0,310	0,272	
	10	0,757	0,621	0,629	0,606	0,621	0,545	
	15	1,136	0,931	0,944	0,909	0,931	0,818	
	20	1,515	1,242	1,259	1,212	1,242	1,090	
7 рік	3	0,2	0,164	0,166	0,16	0,164	0,144	0,4488
	5	0,333	0,273	0,277	0,266	0,273	0,24	
	10	0,666	0,546	0,554	0,533	0,546	0,48	
	15	1	0,82	0,831	0,8	0,82	0,72	
	20	1,333	1,093	1,108	1,066	1,093	0,96	

Наробіток на відмову за 7 років склав відповідно: 12, 25, 22, 16, 13, 12.5 та 11 год.

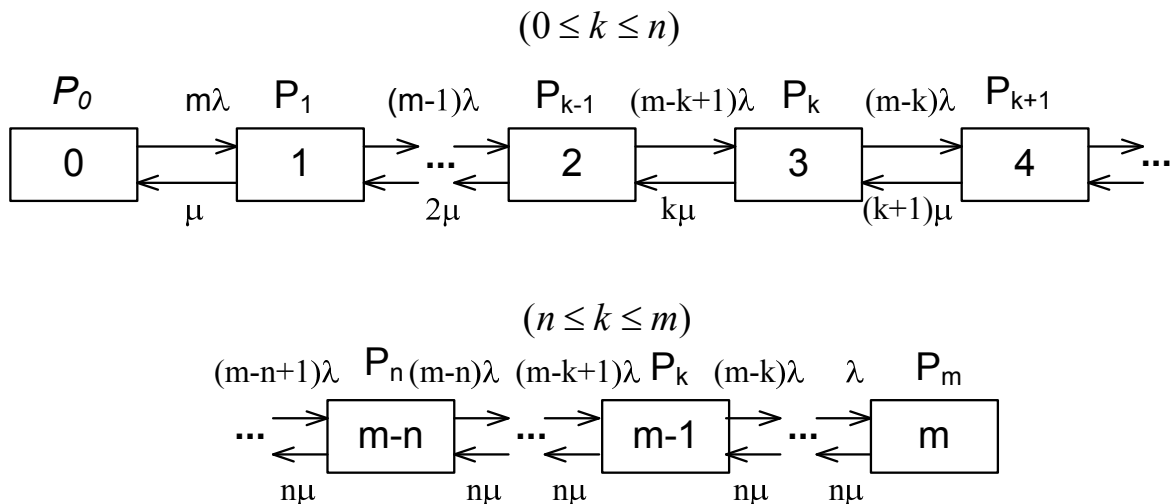


Рис. 2. Граф можливих станів одно каналної системи масового обслуговування по усуненню відмов зернозбиральних комбайнів: 0 – всі комбайни справні і ланка майстрів простоює; 1 – комбайн відмовив, йде усунення відмови; 2 – один комбайн обслуговується, ще один очікує обслуговування; m – відмовили всі комбайни один на обслуговуванні.

Усі відмови були розподілені за групами складності на 1, 2 та 3 групу. Перша група складності це відмови, що усуваються ремонтом або заміною деталей, розміщених зовні збірних одиниць і агрегатів без розбирання останніх, а також відмови, усунення яких вимагає позачергового проведення операцій технічного обслуговування. Друга група складності – це відмови, які усуваються ремонтом або заміною легкодоступних збірних одиниць, усунення яких потребує розкриття внутрішніх порожнин основних агрегатів без їх розбирання або позачергового проведення операцій ТО. Третя група складності - відмови, для усунення яких необхідне розбирання або розчленування основних агрегатів. В розрахунках було прийнято, що до 70% відмов 1 і 2 груп складності усуваються виїзними ланками.

Розв'язок основних рівнянь системи масового обслуговування за алгоритмом (рис. 3) реалізовувався за допомогою математичного пакету Mathcad 15 шляхом розробки програми. За результатами розрахунків були побудовані поверхні (рис. 5 та рис. 6) які встановлюють залежності оптимальних (мінімальних) сумарних затрат та оптимальної, при цих затратах, кількості обслуговувань від кількості комбайнів в господарстві і їх річного завантаження.

Із графіків та розрахунків слідує, що використання системи масового обслуговування для розрахунку необхідної кількості ланок обслуговування є доцільним і економічно виправданим. При цьому аналізуючи отримані результати можна побачити, що залежність

сумарних витрат від року експлуатації комбайнів зменшується у межах від 13,63% до 3,12%, або (11,81-1,12 грн.) для наробітку 150-180 га та відповідно на 6,5% і 3,98. Тобто із збільшенням кількості комбайнів і їх річного завантаження зміна сумарних затрат майже нівелюється. При цьому кількість каналів обслуговування коливається від 1 (для 3 комбайнів) до 11 (для 20 комбайнів). Коливання ж сумарних затрат залежно від річного наробітку одного комбайна має менше коливання і становить 13,62% (150-180 га) і 6,5% (1000-1030 га).

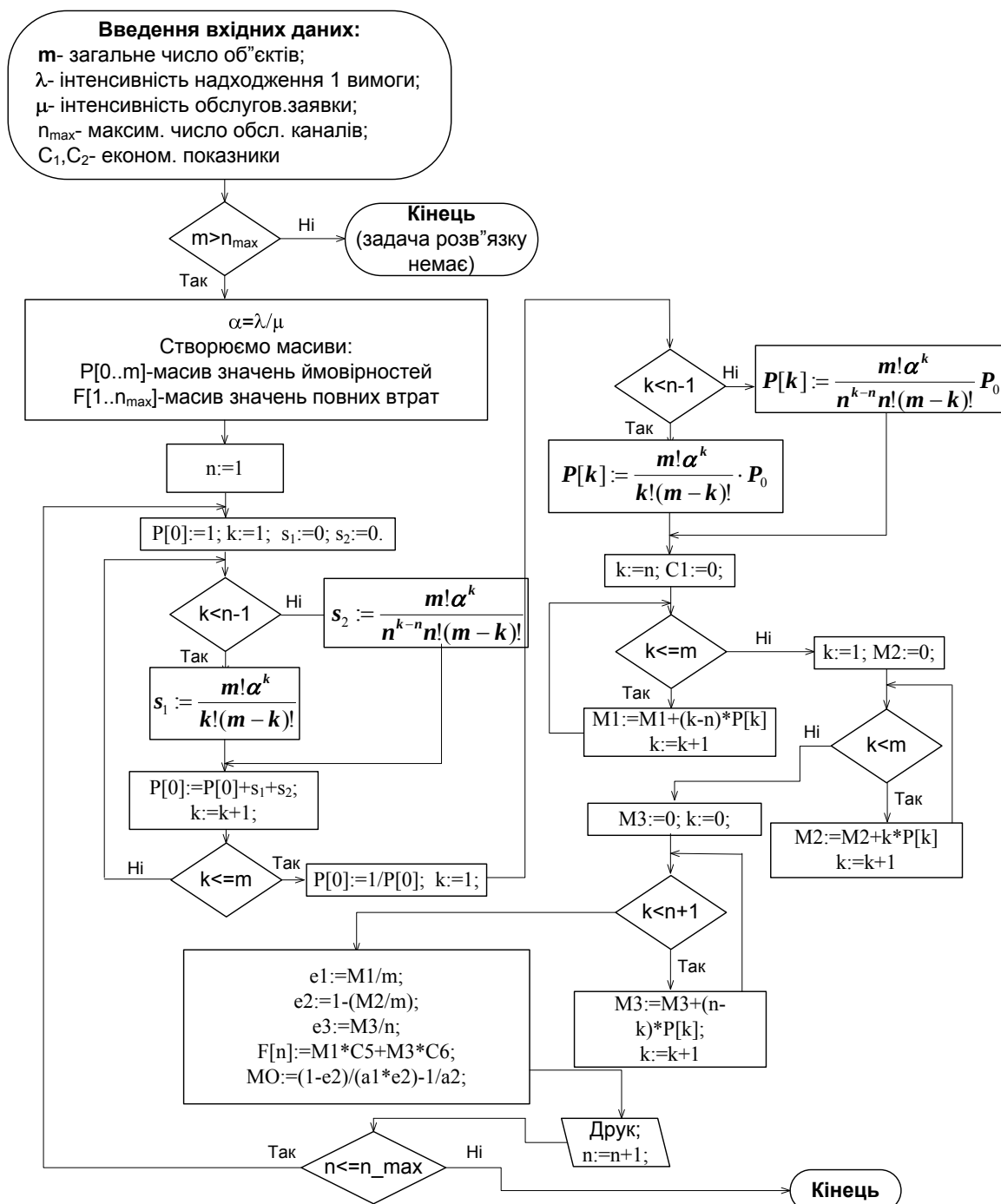


Рис. 3. Алгоритм розв'язку системи масового обслуговування.

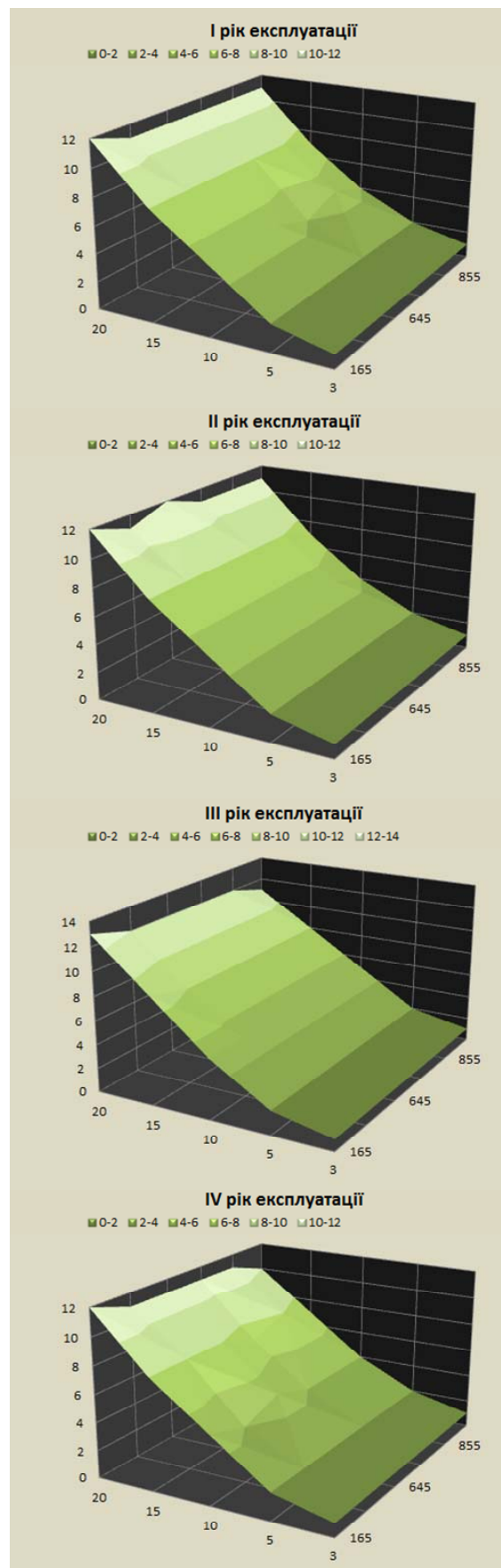
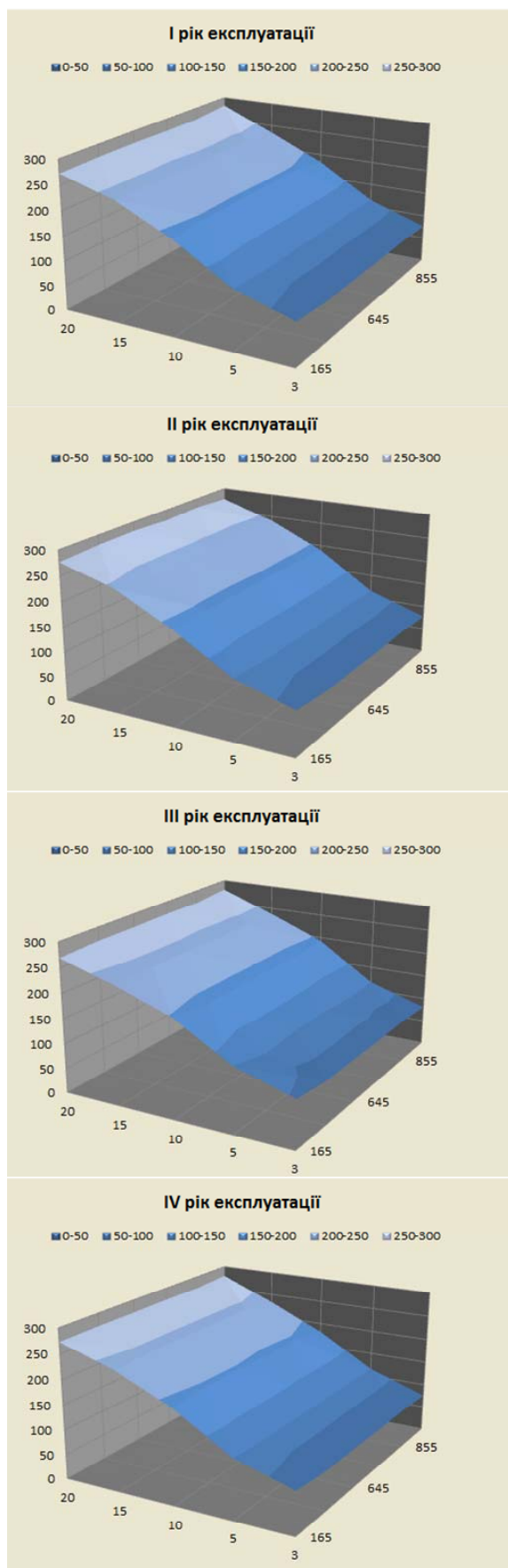


Рис. 5. Залежність сумарних затрат та оптимальної кількості обслуговувань від кількості комбайнів та річного завантаження.

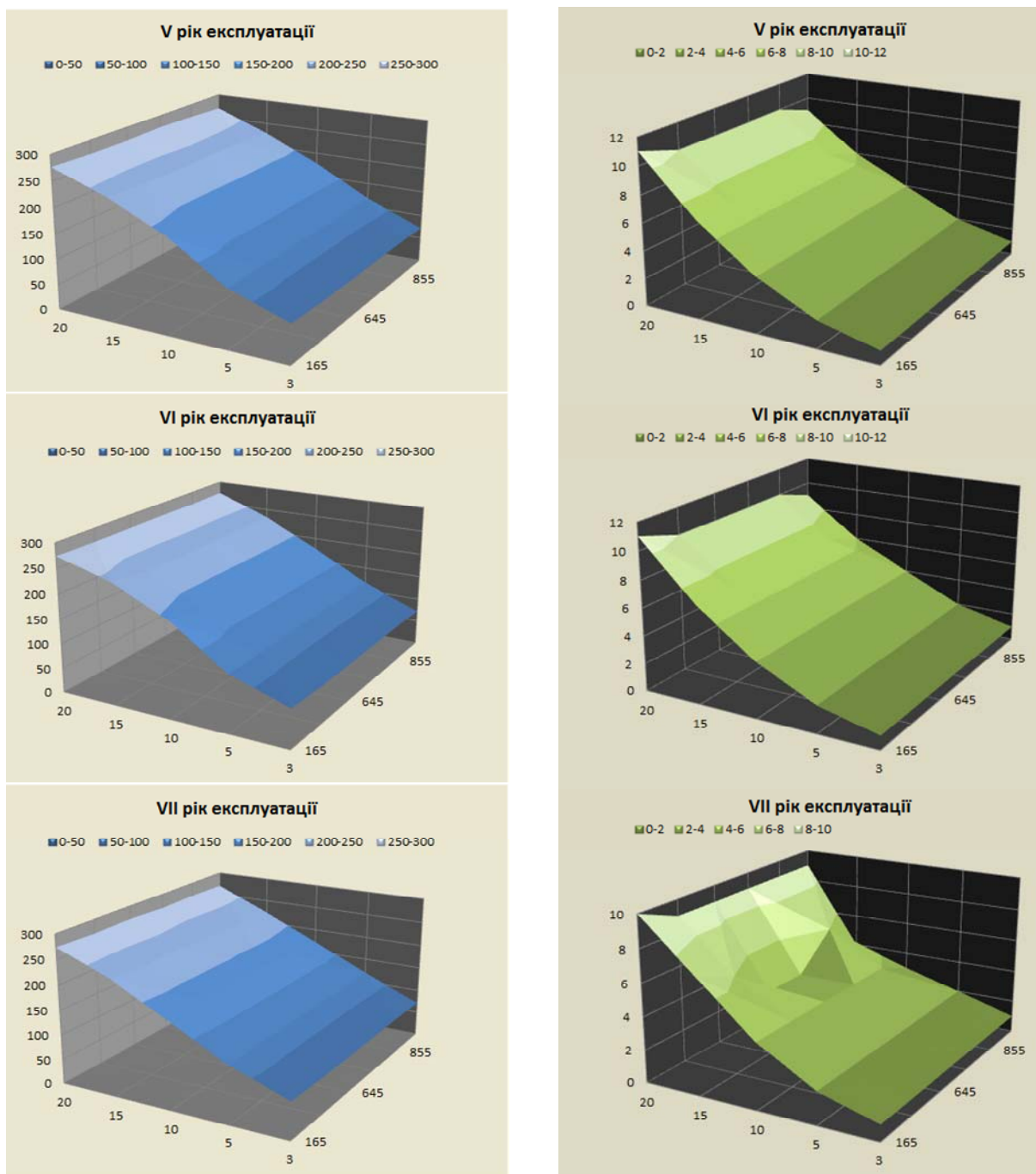


Рис. 6. Залежність сумарних затрат та оптимальної кількості обслуговувань від кількості комбайнів та річного завантаження.

Доказом необхідності використання системи масового обслуговування для розрахунку кількості обслуговуючих ланок в господарствах може бути моделювання розрахунків не за оптимальною кількістю каналів обслуговування, а за здоровим глуздом. Зокрема моделювалися наступні дані: для 3 комбайнів – 1 канал обслуговування, 5 комбайнів – 2 канали, 10 комбайнів – 3 канали, 15 комбайнів – 4 канали і відповідно 20 – 5 каналів. (рис. 7).

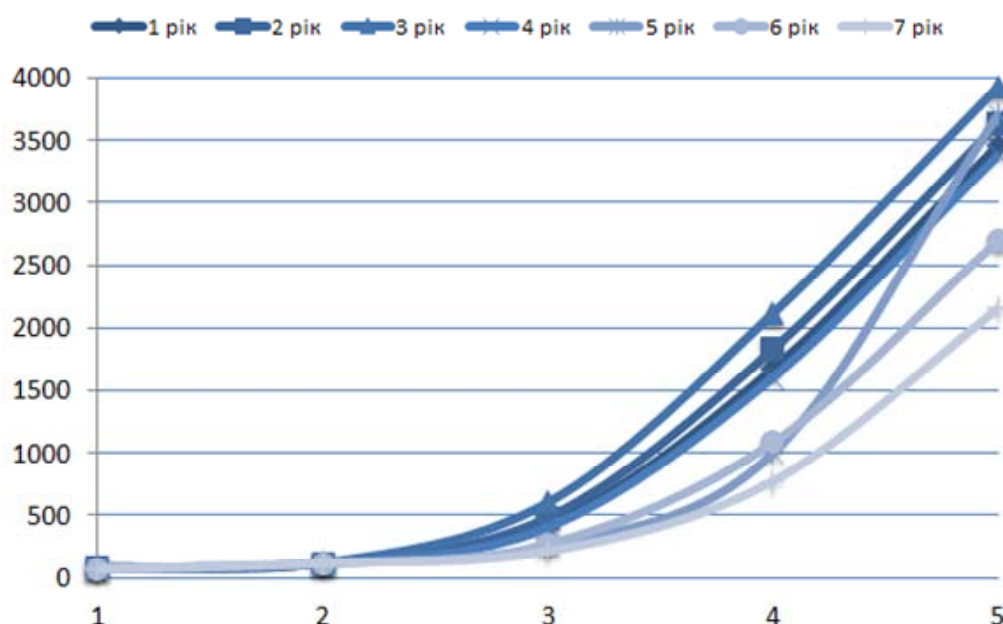


Рис. 7. Сумарні затрати від неоптимальної кількості обслуговуючих каналів для групи комбайнів з різним роком експлуатації.

Аналіз даних розрахунків показує, що найбільші втрати від неоптимальної кількості характерні для найбільшої групи комбайнів 20. При цьому втрати для 1 року експлуатації складають 3187 грн. (в 11,57 рази), а для 7 року експлуатації відповідно 1881 грн. (6,87 разів).

Висновки

1. Мінімальні сумарні витрати на обслуговування групи комбайнів можливі при використанні оптимальної кількості обслуговуючих ланок визначені за допомогою системи масового обслуговування.

2. Сумарні витрати незначно залежать від року експлуатації комбайнів та річного їх завантаження. Ці витрати зменшується відповідно у межах від 13,63% до 3,12%. Більший вплив на величину витрат здійснює кількість цих комбайнів у групі.

3. Формування неоптимальної кількості обслуговуючих ланок дає втрати коштів від 3187 до 1881 грн. (1 і 7 роки експлуатації). Виробникам на період жнив варто залучати додаткових фахівців обслуговування, для необхідної оптимальної кількості ланок, що дасть змогу нівелювати додаткові втрати і знизити собівартість, в тому числі і за рахунок якості зерна через дотримання строків жнив.

Список літератури

1. Надточій О. В. Моніторинг комбайнового ринку України / Надточій О. В., Войтюк Д. Г., Демко А. А. // Науковий вісник НУБіП України. – К., 2010. – Вип. 144, ч. 2. – С. 322–328.

2. Драгайцев В. И. Опыт использования зерноуборочных комбайнов ДОН-1500Б в машинно-технологической станции "Башкирская" / В. И. Драгайцев, А. А. Долженков, К. И. Алексеев // Республики Башкарстан. – М., 2001. – 42 с.
3. Ермолов Л. С. Основы надежности сельскохозяйственной техники / Л. С. Ермолов, В. М. Кряжков, В. Е. Черкун. – М.: Колос, 1982. – 267 с.
4. Прибытков П. Р. Безотказность уборочных агрегатов и комплексов / П. Р. Прибытков, В. Р. Скобач. – Л.: Агропромиздат, 1987. – 205 с.
5. Табачников А. Г. Оптимизация уборки зерновых комбайновыми агрегатами / А. Г. Табачников. – М.: Агропромиздат, 1985. – 158 с.

References

1. Nadtochiy, O. V., Voytyuk, D. H, Demko, A. A. (2010). Monitorynh kombaynovoho rynku Ukrayiny [Monitoring of a combine market of Ukraine]. Naukovyy visnyk NUBiP Ukrayiny. K., Vyp. 144, ch. 2, 322–328.
2. Drahaytsev, V. Y., Dolzhenkov, A. A., Alekseev, K. Y. (2001). Opyt yspol'zovanyya zernouborochnykh kombaynov DON-1500B v mashynno-tekhnologicheskoy stantsyy "Bashkyrskaya" [Experience of using combine harvesters DON-1500B in mashin-technological station of the Bashkir]. Respublyky Bashkarstan. M., 42.
3. Ermolov, L. S., Kryazhkov, V. M., Cherkun, V. E. (1982). Osnovy nadezhnosti sel'skokhozyaystvennoy tekhniky [Bases of reliability of agricultural machinery]. M.: Kolos, 267.
4. Prybytkov, P. R., Skobach, V. R. (1987). Bezotkaznost' uborochnykh ahrehatov y kompleksov [The reliability of harvesting machines and complexes]. L.: Ahropromyzdat, 205.
5. Tabachnykov, A. H. (1985). Optymyzatsyya uborky zernovykh kombaynovymy ahrehatamy [Optimization of grain harvesting combine units]. M.: Ahropromyzdat, 158.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМЫ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ЗАТРАТ НА ОБСЛУЖИВАНИЕ КОМБАЙНОВ

А. В. Надточий, Л. Л. Титова

Аннотация. В статье представлен анализ суммарных затрат эксплуатации зерноуборочных комбайнов при использовании оптимального количества обслуживающих звеньев определенных с помощью системы массового обслуживания. Минимальные суммарные затраты на обслуживание группы комбайнов возможны при использовании оптимального количества обслуживающих звеньев определены с помощью системы массового обслуживания.

Суммарные затраты незначительно зависят от года эксплуатации комбайнов и летнего их загрузки. Эти расходы уменьшается соответственно в пределах от 13,63% до 3,12%. Больше влияние на величину затрат осуществляет их количество комбайнов в группе. Формирование неоптимальной количества обслуживающих звеньев дает потери средств от 3187 до 1881 гривен (1 и 7 года эксплуатации). Производителям на период жатвы стоит привлечь дополнительных специалистов

обслуживания, необходимой для оптимального количества звеньев, что даст возможность нивелировать дополнительные потери и снизить себестоимость, в том числе и за счет качества зерна за соблюдение сроков жатвы.

Ключевые слова: система, массовое обслуживание, оптимизация, затраты, комбайны

USE OF QUEUING SYSTEMS FOR OPTIMIZATION OF MAINTENANCE OF COMBINES

O. V. Nadtochiy, L. L. Titova

Abstract. *The paper presents the analysis of the total cost of operation of combine harvesters when using the optimal number of service units defined using the Queuing system. Minimum total costs of the facilities group combines possible when using the optimal number of service units is determined using a Queuing system.*

Total cost is slightly dependent on the year of operation of the combines and summer download. These expenses decreased accordingly in the range from 13.63% to 3,12%. Greater impact on the value of the cost of implementing them the number of harvesters in the group.

The formation noptimal the number of service units gives a loss of funds from 3187 until 1881 hryvnia (1 and 7 years of operation). Producers at the period of harvest is to attract additional professionals services required for the optimal number of links that will give you the opportunity to offset the additional losses and reduce costs, including at the expense of grain quality for compliance with the terms of the harvest.

Key words: system of mass service, optimization, costs, harvesters

УДК 631.171.075.4

ОЦІНКА ДОЦІЛЬНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ГУМОВОГО ПОКРИТТЯ НА МОЛОЧНО-ТОВАРНИХ ФЕРМАХ

**Н. І. Болтянська, О. В. Болтянський, кандидати технічних наук
Таврійський державний агротехнологічний університет,
e-mail: natali.28@inbox.ru**

Анотація. У статті розглянуто переваги і недоліки використання різних матеріалів для облаштування проходів в корівниках та доцільність застосування гумового покриття для

© Н. І. Болтянська, О. В. Болтянський, 2016

обслуживания, необходимой для оптимального количества звеньев, что даст возможность нивелировать дополнительные потери и снизить себестоимость, в том числе и за счет качества зерна за соблюдение сроков жатвы.

Ключевые слова: система, массовое обслуживание, оптимизация, затраты, комбайны

USE OF QUEUING SYSTEMS FOR OPTIMIZATION OF MAINTENANCE OF COMBINES

O. V. Nadtochiy, L. L. Titova

Abstract. *The paper presents the analysis of the total cost of operation of combine harvesters when using the optimal number of service units defined using the Queuing system. Minimum total costs of the facilities group combines possible when using the optimal number of service units is determined using a Queuing system.*

Total cost is slightly dependent on the year of operation of the combines and summer download. These expenses decreased accordingly in the range from 13.63% to 3,12%. Greater impact on the value of the cost of implementing them the number of harvesters in the group.

The formation noptimal the number of service units gives a loss of funds from 3187 until 1881 hryvnia (1 and 7 years of operation). Producers at the period of harvest is to attract additional professionals services required for the optimal number of links that will give you the opportunity to offset the additional losses and reduce costs, including at the expense of grain quality for compliance with the terms of the harvest.

Key words: system of mass service, optimization, costs, harvesters

УДК 631.171.075.4

ОЦІНКА ДОЦІЛЬНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ГУМОВОГО ПОКРИТТЯ НА МОЛОЧНО-ТОВАРНИХ ФЕРМАХ

**Н. І. Болтянська, О. В. Болтянський, кандидати технічних наук
Таврійський державний агротехнологічний університет,
e-mail: natali.28@inbox.ru**

Анотація. У статті розглянуто переваги і недоліки використання різних матеріалів для облаштування проходів в корівниках та доцільність застосування гумового покриття для

© Н. І. Болтянська, О. В. Болтянський, 2016

проходів на фермах великої рогатої худоби. Утримання худоби на твердій бетонній підлозі провокує чимало хвороб кінцівок і суглобів тварин, тому доцільність застосування гумового покриття для проходів на фермах великої рогатої худоби очевидна.

Найголовніші критерії, на які слід орієнтуватися під час вибору, це поверхня матеріалу, яка не ковзає, і пружні еластичні якості та здатність до швидкого відновлення. Крім того, поверхня матеріалу має продавлюватися під копитом тварини на глибину не менше як на 3 мм.

Матеріал також повинен мати гарантію не менше ніж 5 років і витримувати тиск скрепера. Якщо прибирання здійснюється трактором, слід уточнити, яку вагу витримує конкретне покриття, і зіставити його з вагою прибиральної машини. До того ж ківш трактора слід захистити знизу гумовими накладками, щоб не порвати покриття чи не висмикнути кріплення під час прибирання.

Ключові слова: виробництво сільськогосподарської продукції, тваринництво, підлога, гнойовий прохід, бетонне покриття, гумове покриття

Постановка проблеми. Україна має значний природний потенціал, завдяки чому здатна не лише забезпечити власні потреби в основних продуктах харчування рослинного і тваринного походження, але і стати експортером високоякісної, конкурентоспроможної, біологічно чистої продукції [1–3].

Занепад тваринництва протягом останніх років в цілому і, зокрема, молочного тваринництва як однієї з основних складових галузі пояснюється незацікавленістю товаровиробників в розвитку тваринництва в результаті його збитковості, оскільки собівартість продукції в 2...3 рази перевищує її реалізаційну ціну [4].

Аналіз останніх досліджень. Розвиток галузі тваринництва нерозривно пов'язаний з удосконаленням тваринницьких приміщень, утримання тварин, засобів механізації й автоматизації. Зведення приміщень для утримання великої рогатої худоби є важливим завданням сільськогосподарського будівництва. Питаннями утримання тварин займалися: Мелер А., Хейниг В., Адамчук В. В., Фененко А. І., Комаров Б. А., Рязанцев В. П. та ін.

Розвиток і ефективність тваринництва зумовлюється рівнем впровадження у виробництво наукових розробок і передового досвіду, реалізації заходів, що забезпечують істотне підвищення продуктивності тварин та якості продукції. Визначальний вплив на собівартість продукції тваринництва має його техніко-технологічне забезпечення [5, 6]. Від типу і якості підлоги, використовуваної в приміщеннях для утримання тварин, залежать ветеринарний стан

ферми, дотримання технологічних вимог до утримання різних статевовікових груп, а також економічні показники виробництва [7].

Доведено, що внаслідок травм щороку вибраковується 15–20% стада. Причина цього часто криється в тому, що господарі не хочуть, або забувають, приділяти належну увагу зонам пересування корів [6]. Тому **метою даних досліджень** є: розглянути переваги і недоліки використання різних матеріалів для облаштування проходів в корівниках та доцільність застосування гумового покриття для проходів на фермах великої рогатої худоби.

Результати досліджень. За безприв'язно-боксової системи утримання ВРХ тварини постійно переміщуються: на доїння, до кормового столу, напувалок тощо. Європейські фермери ось уже десятки років усі проходи в корівниках облаштовують гумовим покриттям. В Україні ж стандартне покриття гнойових проходів чи проходів між секціями і галереєю – бетонне, у ліпшому разі – з антиковзальними насічками. У результаті маємо занадто тверде, холодне та незручне покриття для тварин, яке спричиняє масу проблем для здоров'я ВРХ.

Утримання худоби на твердій бетонній підлозі провокує чимало хвороб кінцівок і суглобів тварин, наприклад, неправильне відростання копитного рогу. У природних умовах корова пересувається по м'якій поверхні (земля, пісок, трава і т.п.), яку продавлює зовнішній бік копита, і тварина відчуває себе впевнено. Для стійких рухів тварини глибина продавлювання має становити не менше ніж 3 мм. А це неможливо на бетоні. Як наслідок у корів, що знаходяться в комплексі цілодобово й мало рухаються, копитний ріг відростає неправильно, загинається, заважаючи ходьбі. Згодом він тріскається та заламується, що призводить до просідання тварин на задні кінцівки, до неправильної осанки та навантаженню на суглоби, що призводить до пошкодження м'яких тканин і хвороби копит.

Гумова підлога для корів м'якша: на ній травматизм зводиться до мінімуму, тварини на таких підлогах активніші, більше рухаються. Проте навіть за всіх своїх переваг гумова підлога не вирішує проблем копитного рогу. Більше того, не зважаючи на правильну постановку копита, ріг стирається повільніше, тому профілактичне його обрізання за утримання корів на м'яких гумових підлогах доводиться робити частіше, аніж на бетоні: 3–4 рази на рік замість звичних двох разів. Якщо контролювати стан копитного рогу можна регулярним обрізанням, то впоратися з травматизмом на бетонній підлозі значно важче. Тварини, страхаючись послизнутися на гладкій поверхні бетону, намагаються менше рухатися, а нормативи радять коровам проходити не менше ніж 2 км на день. Та в корівнику вони проходять максимум 500 м.

Перебуваючи на гладкій твердій підлозі (рис. 1), тварини, особливо в післяотільний період, мають слабі зв'язки, частіше сковзаються, їхні кінцівки роз'їжджаються «у шпагат» і худоба отримує розтягнення. Відновитися корові після таких пошкоджень важко, і, як правило, закінчується все вибраковкою.



Рис. 1. Гладка бетонна поверхня гнойового каналу.

У той же час, якщо звернутися до досвіду американських мегаферм, на них майже завжди залишають проходи та гнойові алеї з твердим бетонним покриттям. Це економить значні суми коштів, адже гумове покриття – продукт навіть для «каучукової» Америки недешевий. Як свідчить статистика, на цих фермах 10–15% тварин вибраковують через різні травми, пов'язані з розтягненням на бетоні. Вартість ялових корів у США – 700–900 доларів за голову, і продаж її, наприклад, на м'ясокомбінат для американського фермера не є прибутковою справою: за рахунок грошей, одержаних від продажу вибракуваних тварин, відмова від гумового покриття в проходах окупиться аж через 8–9 років. Тому американським фермерам вигідніше втрачати ці 10–15%, тоді як в Україні чи в країнах Європи, де вартість тієї ж молоді корови в 4 рази вища, варто подумати про довгострокове вкладання коштів у травмобезпеку стада. Саме тому у Європі покриття проходів і гнойових алеї гумовими матами вже давно є стандартним прийомом, у той час як Україна лише починає його впроваджувати.

Деякі американські фермери теж стали замислюватися про гумове покриття в гнойових проходах. Так у Каліфорнії, де довжина корівників може сягати 700–800 м, для пришвидшення направленого руху корів у доїльний зал і назад, а також для зменшення ковзання, у підлогу монтують гумові смуги завширшки 2 м (за ширини проходу до 6 м). По ній тварини пересуваються значно швидше без ризику впасти й отримати травму.

У Росії перші ферми з гумовим покриттям гнойових алей з'явилися в 2007–2008 рр., і нині цей напрям активно розвивається. Однак, через фінансові обставини, не більше як 5% усіх сучасних ферм переобладнали гнойові проходи, галереї та накопичувачі на м'які гумові покриття.

Майже всі вітчизняні мегакомплекси не обладнано гумовим покриттям, і тварин утримують у приміщенні з бетонною підлогою. Загалом у травматичну безпеку тварин та їх комфорт пересування наважуються інвестувати не більше ніж 15–20 комплексів на рік. Пояснюється це складністю фінансових інструментів: гумове покриття не є заставою для лізингових компаній і банків-кредиторів, відповідно, взяти кредит на таке обладнання для фермера надто проблематично. Проте таке вкладання коштів окупиться практично відразу завдяки зменшенню травмованих тварин мінімум на 10–20%.

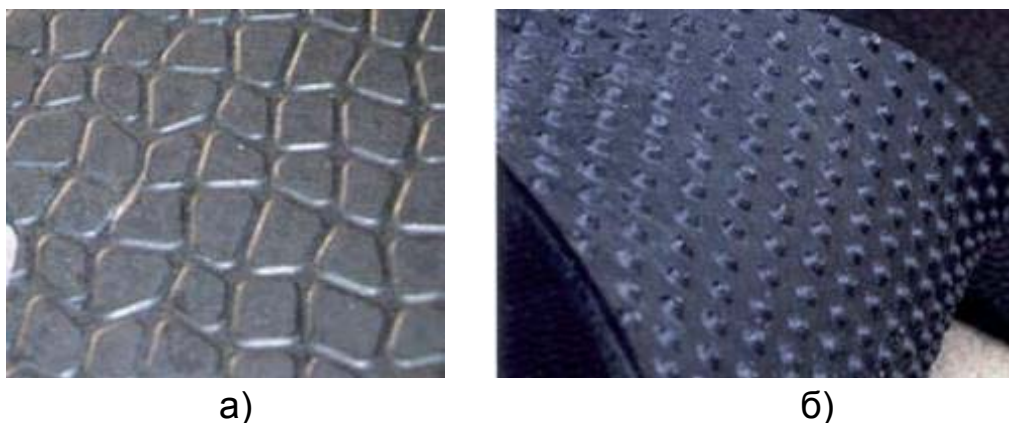


Рис. 2. Гумове покриття KURA: а – Grip-поверхня для проходів, б – шипований профіль з нижньої сторони гумового покриття.

На твердих підлогах у більшості корів розвиваються пошкодження копит, 80% яких припадає на зовнішні копита задніх ніг. При дослідженні з'ясувалося, що природна потреба для корів – занурення задніх копит на 3 мм – захищає їх від надмірного навантаження. Для вирішення таких завдань KRAIBURG створив гумове покриття KURA – Grip-поверхня сприяє впевненому руху і має шипований профіль з нижньої сторони (рис. 2,а, 2,б).

Склад гуми, яку застосовують для покриття в зонах пересування худоби, різниться залежно від виробників. Так, наприклад, німецька компанія «Крайбург» в основі своїх виробів застосовує гумову крихту від утилізації верхньої частини протектора автомобільних шин. Це забезпечує виробам додаткову еластичність і зносостійкість. У суміш також додається натуральний каучук, а потім відбувається процес змішування всіх компонентів покриття з подальшою вулканізацією.

Постачальники комплексних рішень, такі як DeLaval i GeaFarm Technologies, окрім аналогічного покриття пропонують і вироби з натурального каучуку.

Є й альтернативні матеріали: наприклад, компанія «ЕкоПромТорг» випускає мати-підстилки й пропонує покриття для корівників із полімерних матеріалів під аббревіатурою EVA (етиленвінілацетат). EVA-полімери – це нетоксичний, екологічно безпечний матеріал, який має мікропористу структуру, завдяки якій забезпечується його теплоізоляційні й еластичні властивості.

Покриття для проходів постачають на ринок цільними рулонами (рис. 3) та у вигляді невеликих килимків, з'єднаних між собою, немов пазли (рис. 4), за системою «ластівчин хвіст», тобто пазл у пазл. Кожен вид має свої переваги та недоліки.



Рис. 3. Покриття для проходів у вигляді цільного рулона.

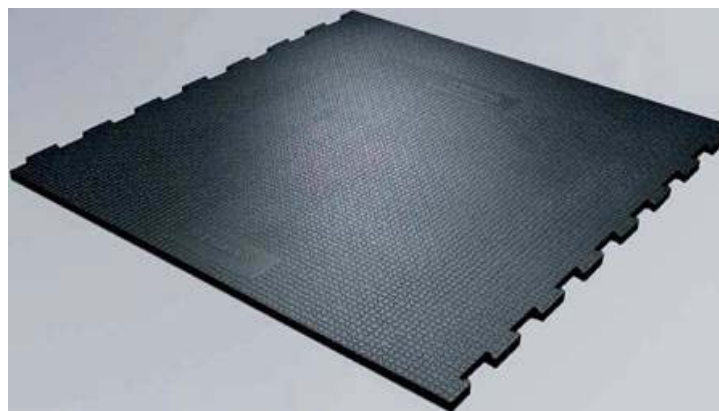


Рис. 4. Покриття KURA P – для проходів з скреперним гноєвидаленням з з'єднанням Puzzle.

Так, рулонна технологія більш економна та безвідходна, ніж пазлова. Господарства замовляють цільний шматок із розрахунку площі свого приміщення (гноєвої алеї, галереї та накопичувача), це значно спрощує монтаж і зменшує відходи, бо не треба вирізати, кроїти й підганяти. Крім того, це економніше – замовник платить за

ту кількість гуми, яку він замовив. Є в рулонів ще один плюс: не виникає проблем із просочуванням води та забиванням стиків гноєм, тоді як між пазлами це трапляється часто.

Інші ж спеціалісти вважають, що пазлова технологія зручніша, бо невеликі шматки гуми компенсують її деформацію під впливом температур, а також під навантаженням копит ВРХ. Крім того, у пазового покриття менше шансів «піти хвилями» у разі огріхів під час монтажу та під тиском скрепера. Та й монтувати й транспортувати пазлові килимки значно зручніше, ніж цільний важкий рулон. Тим більше, що рулонне покриття складно виготовити товщим за 15–16 мм, а мінімальна товщина покриття для комфортного продавлювання копитом й оптимальна теплопровідність – не менше ніж 18 мм.

Пазлові килимки мають монтуватися з максимальною притиркою один до одного, щоб поверхня підлоги залишалася рівною, забезпечуючи ідеальний прохід скрепера по гнойовій алеї. Обираючи пазлові килимки, треба звертати увагу на технологію виготовлення пазлів: справді якісний виріб отримують тоді, коли готовий мат відправляється в спеціальний станок із цифровим управлінням, в якому тоненьким водяним струменем точно вирізається рисунок замка.

Кожен килимок кріпиться до підлоги за допомогою спеціального дюбель-гвіздка, що додатково утримує кожен частину покриття на своєму місці. Покриття не слід укладати в стик із бетонними краями гнойового проходу. Зазор необхідний для відводу води, яка потрапляє під поверхню матів, а також для компенсації впливу температурного фактору.

Наприклад, якщо ширина гнойового каналу – 3 м, то ширина покриття буде – 2,95 м із розрахунком зазору 2–3 см із кожного боку.

Гума – матеріал, що зазнає змін під впливом температур, і тому почати монтаж поверхонь варто за температури не нижчої ніж +5 °С, щоб уникнути змін геометричної форми монтованого покриття. Якщо ж з'являється термінова потреба монтажу підлог за низьких температур, то покриття слід потримати добу за температури +20 °С і тільки потім монтувати, щоб поверхня матів була більш-менш гнучкою. Значно більше проблем може виникнути з нерівною бетонною підлогою, де у швах затікатиме волога. Спочатку у шви затікає сеча та рідкий гній, накопичуючись у нерівностях під гумою, такі калюжі починають деформувати її, утворюючи хвилі. Крім того, за поганої якості бетону є небезпека розхитування кріплень. Що стосується полімерних покриттів, то монтаж можна здійснити за будь-якої погоди. Однак перед монтажем слід потримати матеріал у приміщенні, де проводитиметься ремонт, хоча б 3–5 днів, щоб покриття «звикло» до температури докiлля. Класти покриття

потрібно на всіх зонах пересування худоби в корівнику, але особливу увагу слід приділити якості покриття біля напувалок, бо там завжди слизько й саме там відбувається постійне суперництво, а значить, корови можуть отримати травму в результаті різких рухів.

Сучасний ринок пропонує чималий асортимент видів покриттів для підлог у тваринницьких приміщеннях різної товщини, якості й ціни. Так, гумові покриття від відомих зарубіжних виробників коштують 30–70 євро/м² разом із кріпленням. Продукція вітчизняних виробників, як правило, на 30–40% дешевша.

Висновки

Утримання худоби на твердій бетонній підлозі провокує чимало хвороб кінцівок і суглобів тварин, тому доцільність застосування гумового покриття для проходів на фермах великої рогатої худоби очевидна.

Найголовніші критерії, на які слід орієнтуватися під час вибору, це поверхня матеріалу, яка не ковзає, і пружні еластичні якості та здатність до швидкого відновлення. Крім того, поверхня матеріалу має продавлюватися під копитом тварини на глибину не менше як на 3 мм.

Матеріал також повинен мати гарантію не менше ніж 5 років і витримувати тиск скрепера. Якщо прибирання здійснюється трактором, слід уточнити, яку вагу витримує конкретне покриття, і зіставити його з вагою прибиральної машини. До того ж ківш трактора слід захистити знизу гумовими накладками, щоб не порвати покриття чи не висмикнути кріплення під час прибирання.

Список літератури

1. Болтянська Н. І. Пути развития отрасли свиноводства и повышение конкурентоспособности ее продукции / Н. І. Болтянська // Motrol: Motoryzacja i Energetyka Rolnictwa. – 2012. – Vol. 14. – № 3b. – Р. 164–175.
2. Кожамуратов Н. Ж. Эффективность производства продукции и снижение трудовых затрат в животноводстве / Н. Ж. Кожамуратов // Аграрная наука. – 2009. – № 11. – С. 20–22.
3. Смоляр В. Національний проект «Відроджене скотарство» і важелі його реалізації: конкретні рішення колегії Мінагрополітики України / В. Смоляр // Техніка і технології АПК. – 2011. – № 10. – С. 4–5.
4. Голуб Г. А. Ефективність функціонування багатoproфiльного сільськогосподарського підприємства / Г. А. Голуб, С. М. Кухарець // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – К., 2015. – Вип. 212, ч. 2. – С. 35–44.
5. Адамчук В. В. Этапы развития механизированного производства молока и говядины в Украине / В. В. Адамчук, А. И. Фененко // Молочное дело. – 2014. – № 2. – С. 13–16.
6. Адамчук В. В. Концептуальные аспекты развития ферм по производству молока / В. В. Адамчук, А. И. Фененко // Молочное дело. – 2010. – № 12. – С. 14–17.
7. Скляр О. Г. Механізація технологічних процесів у тваринництві / О. Г. Скляр, Н. І. Болтянська. – Мелітополь: Колор Принт, 2012. – 720 с.

References

1. *Boltyans'ka, N. I.* (2012). Puty rozvytyya otrasly svynovodstva y povyshenye konkurentosposobnosti ee produktsyy [The development of the pig industry and the competitiveness of its products]. *Motrol: Motoryzacja i Energetyka Rolnictwa*, 2012, Vol. 14, 3b, 164–175.
2. *Kozhamuratov, N. Zh.* (2009). Efektyvnost' proyzvodstva produktsyy y snyzhenye trudovykh zatrat v zhyvotnovodstve [The efficiency of production and reduce labor costs in farming]. *Agricultural science*, 11, 20–22.
3. *Smolyar, V.* (2011). Natsional'nyy proekt «Vidrodzhene skotarstvo» i vazheli yoho realizatsiyi: konkretni rishennya kolehiyi Minahropolityky Ukrayiny [The national project "Revived cattle breeding" and the instruments for its implementation: a specific decision of the Collegium of the Ministry of agrarian policy of Ukraine]. *Engineering and technology AIC*, 2011, 10, 4–5.
4. *Holub, H. A., Kukharets', S. M.* (2015). Efektyvnist' funktsionuvannya bahatoprofil'noho sil'skohospodars'koho pidpryyemstva [The efficiency of a diversified agricultural enterprise]. *Scientific Bulletin of National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Series: machinery and energetics AIC. K.*, Vyp. 212, ch. 2, 35–44.
5. *Adamchuk, V. V., Fenenko, A. I.* (2014). Etapy rozvytyya mekhanizirovannoho proyzvodstva moloka y hovyadyny v Ukrayne [The stages of development of the mechanized production of milk and beef in Ukraine]. *Molochnoe delo*, 2, 13–16.
6. *Adamchuk, V. V., Fenenko, A. I.* (2010). Kontseptual'nye aspekty rozvytyya ferm po proyzvodstvu moloka [Conceptual aspects of development of farms for production of milk]. *Milk*, 12, 14–17.
7. *Sklyar, O. H., Boltyans'ka, N. I.* (2012). Mekhanizatsiya tekhnolohichnykh protsesiv u tvarynnystvi [Mechanization of technological processes in animal husbandry]. *Melitopol': Kolor Prynt*, 720.

ОЦЕНКА ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РЕЗИНОВОГО ПОКРЫТИЯ НА МОЛОЧНО-ТОВАРНЫХ ФЕРМАХ

Н. И. Болтянская, А. В. Болтянский

Аннотация. В статье рассмотрены преимущества и недостатки использования различных материалов для обустройства проходов в коровниках и целесообразность применения резинового покрытия для проходов на фермах крупного рогатого скота. Содержание скота на твердом бетонном полу провоцирует немало болезней конечностей и суставов животных, поэтому целесообразность применения резинового покрытия для проходов на фермах крупного рогатого скота очевидна.

Самые главные критерии, на которые следует ориентироваться во время выбора, это поверхность материала, которая не скользит, и упругие эластичные качества и способность к быстрому восстановлению. Кроме того, поверхность материала должна продавливаться под копытом животного на глубину не менее 3 мм.

Материал также должен иметь гарантию не менее 5 лет и выдерживать давление скрепера. Если уборка осуществляется трактором, следует уточнить, какой вес выдерживает

конкретное покрытие, и сопоставить его с весом уборочной машины. К тому же ковш трактора следует защитить снизу резиновыми накладками, чтобы не порвать покрытие не выдернуть крепления во время уборки.

Ключевые слова: производство сельскохозяйственной продукции, животноводство, пол, навозный проход, бетонное покрытие, резиновое покрытие

EVALUATION OF THE FEASIBILITY OF APPLYING RUBBER COATING ON DAIRY FARMS

N. I. Boltyanskaya, O. V. Boltyanskii

Abstract. The paper discusses the advantages and disadvantages of using different materials for decorating the aisles in barns and advisability of using rubber coating for passages in the cattle farms. Livestock on a solid concrete floor provokes a lot of diseases of limbs and joints of animals, so the feasibility of applying rubber coating for passages in the cattle farms are obvious.

The main criteria that should guide you during the selection is the surface material, which is non-slip and elastic qualities and the ability to recover quickly. In addition, the surface of the material to be pressed through under the hoof of the animal to a depth of at least 3 mm.

The material should also have warranty for at least 5 years and to withstand the pressure of the scraper. If cleaning is carried out by the tractor, it should be clarified how much weight can withstand the specific coating, and to compare it with the weight of the harvesting machine. Besides the bucket of the tractor should protect the bottom rubber pads so as not to break coating does not pull out attachment while cleaning.

Key words: agricultural production, livestock, floor, manure passage, concrete coating, rubber coating

УДК 631.1

ДОСЛІДЖЕННЯ ДЕФЛЕКТОРНИХ РОЗПИЛЮЮЧИХ ПРИСТРОЇВ ДЛЯ ВНЕСЕННЯ РІДКИХ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ

В. Б. Онищенко, кандидат технічних наук

І. С. Любченко, аспірантка*

e-mail: lub4enko11@mail.ru

Анотація. Використання рідких мінеральних добрив по листю дає змогу вирішити багато проблем, пов'язаних із живленням

*Науковий керівник – кандидат технічних наук В. Б. Онищенко

© В. Б. Онищенко, І. С. Любченко, 2016

конкретное покрытие, и сопоставить его с весом уборочной машины. К тому же ковш трактора следует защитить снизу резиновыми накладками, чтобы не порвать покрытие не выдернуть крепления во время уборки.

Ключевые слова: производство сельскохозяйственной продукции, животноводство, пол, навозный проход, бетонное покрытие, резиновое покрытие

EVALUATION OF THE FEASIBILITY OF APPLYING RUBBER COATING ON DAIRY FARMS

N. I. Boltyanskaya, O. V. Boltyanskii

Abstract. The paper discusses the advantages and disadvantages of using different materials for decorating the aisles in barns and advisability of using rubber coating for passages in the cattle farms. Livestock on a solid concrete floor provokes a lot of diseases of limbs and joints of animals, so the feasibility of applying rubber coating for passages in the cattle farms are obvious.

The main criteria that should guide you during the selection is the surface material, which is non-slip and elastic qualities and the ability to recover quickly. In addition, the surface of the material to be pressed through under the hoof of the animal to a depth of at least 3 mm.

The material should also have warranty for at least 5 years and to withstand the pressure of the scraper. If cleaning is carried out by the tractor, it should be clarified how much weight can withstand the specific coating, and to compare it with the weight of the harvesting machine. Besides the bucket of the tractor should protect the bottom rubber pads so as not to break coating does not pull out attachment while cleaning.

Key words: agricultural production, livestock, floor, manure passage, concrete coating, rubber coating

УДК 631.1

ДОСЛІДЖЕННЯ ДЕФЛЕКТОРНИХ РОЗПИЛЮЮЧИХ ПРИСТРОЇВ ДЛЯ ВНЕСЕННЯ РІДКИХ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ

В. Б. Онищенко, кандидат технічних наук

І. С. Любченко, аспірантка*

e-mail: lub4enko11@mail.ru

Анотація. Використання рідких мінеральних добрив по листю дає змогу вирішити багато проблем, пов'язаних із живленням

*Науковий керівник – кандидат технічних наук В. Б. Онищенко

© В. Б. Онищенко, І. С. Любченко, 2016

рослин. Проте їх внесення потребує точного розрахунку кількості потрібних добрив, визначення строків підживлення та правильно підібраної розпилювальної техніки. Кожен розпилювач створює при певному тиску краплі різного діаметра. Найбільш оптимальними для внесення рідких мінеральних добрив є дефлекторні розпилювальні наконечники, оскільки дають суцільний розпил з великих крапель та створюють більш горизонтальний розпил, таким чином запобігають вторинному розпорошенню крапель на більш дрібні. При внесенні рідких мінеральних добрив важливо отримати краплі, рекомендований розмір яких становить >503 мкм, оскільки краплі меншого розміру затримуються на рослинах, та спричиняють опіки. У статті наведено результати досліджень дефлекторних розпилюючих пристроїв, виробництва провідних зарубіжних фірм, та утворення ними крапель при різному тиску. Підрахунок масового медіанного діаметру показав, що відсоток крапель розміром > 500 мкм, при роботі досліджених розпилювачів становить від 3 до 7%, в залежності від тиску. Визначено діапазони тиску при яких кількість цінних крапель, використовуючи рідкі мінеральні добрива, буде максимальна.

Ключові слова: *рідкі мінеральні добрива, дефлекторний розпилювальний наконечник, медіанний діаметр крапель, тиск*

Постановка проблеми. Використання рідких мінеральних добрив по листю – дуже поширена сьогодні практика у рослинництві. Цей метод дає змогу вирішити багато проблем, пов'язаних із живленням рослин. Карбамідно-аміачна суміш (КАС) – найбільш часто використовувані рідкі мінеральні добрива. 28% ваги чистої КАС складає азот, 50% якого знаходяться в ньому у вигляді карбаміду (Амід-N: компонент для збалансованої дії добрива). Інші 50% складаються на половину із нітрату (NO_3^-) та амонію (NH_4^+).

В той час як речовина Амід-N тільки 1–2 дні доступні рослині, компоненти нітрату та амонію можуть поглинатися корінням і листям безпосередньо після обприскування.

Аналіз останніх досліджень. Проте їх використання потребує точного розрахунку кількості потрібних добрив, визначення строків внесення та правильно підібраної розпилювальної техніки. Найбільш оптимальними для внесення рідких мінеральних добрив є дефлекторні розпилювальні наконечники. Оскільки дають суцільний розпил з великих крапель та створюють більш горизонтальний розпил, таким чином запобігають вторинному розпорошенню крапель на більш дрібні. Основним показником якості розпилу служить медіанний діаметр крапель (середній об'ємний діаметр краплі – MVD). Значення цього показника свідчить, що 50% всього

об'єму крапель мають розмір менший вказаного значення, і 50% більшого розміру [2]. Кожен розпилювач створює при певному тиску краплі різного діаметра. Американська спільнота інженерів у сільському господарстві та біології (ASABE) розробила стандарт ASABE S572 для виміру та інтерпретації якості розпилу з наконечника. У стандарті використовується вісім категорій крапель, шість з яких прийняті для сільського господарства. При внесенні рідких мінеральних добрив важливо отримати краплі, рекомендований розмір яких становить >503 мкм [1]. Краплі меншого розміру затримуються на рослинах, та спричиняють опіки.

Мета досліджень. Дослідити утворення крапель дефлекторними розпилювачами.

Результати досліджень. Дослідження проводились за допомогою комплексу обладнання, що включав стенд для імітації швидкості руху обприскувача та позиційний обприскувач, обладнаний розпилювачами – TeeJet AI3070-3, Lechler FT, Дефлекторний коричневий. Густоту покриття краплями цільової поверхні досліджували методом уловлювання краплин на картки водочутливого паперу. Дослід проводився при тиску 1,5, 2 та 3 бар. Підрахунок масового медіанного діаметру показав, що відсоток крапель розміром > 500 мкм, при роботі досліджених розпилювачів становить від 3 до 7%, в залежності від тиску. Максимальна кількість цінних крапель отримана при роботі Дефлекторного коричневого розпилювача – 6,6% при тиску 2 бар. У табл. 1 наведені результати підрахунку крапель >500 мкм.

1. Результати підрахунку крапель >500 мкм, %

Розпилювальний наконечник	1,5 бар	2 бар	3 бар
TeeJet AI3070-3	3	3,7	3,2
Lechler FT	3,8	3,9	2,7
Дефлекторний коричневий	3,8	6,6	3,4

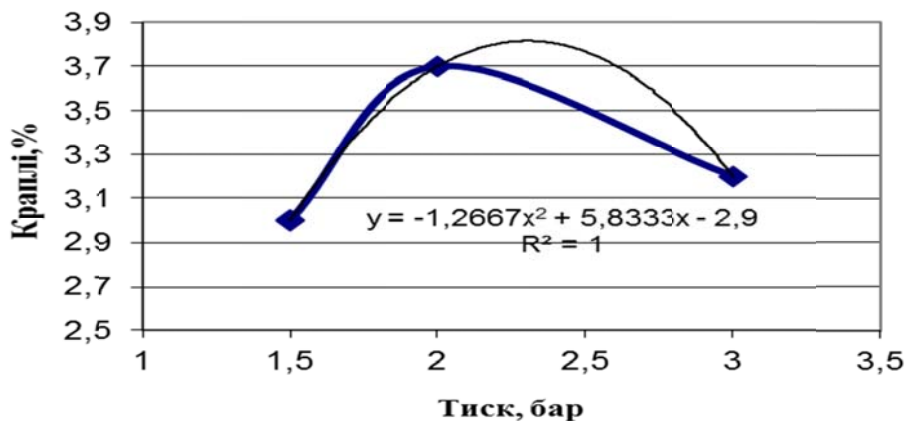


Рис. 1. Залежність розміру крапель від робочого тиску, при роботі розпилювача TeeJet AI3070-3.

На рис. 1 – рис. 3 представлено вплив тиску на кількість технологічно-цінних крапель. З графіків видно, що існують певні діапазони тиску при яких кількість цінних крапель максимальна. Для побудови залежності розміру краплин робочої рідини від тиску використали поліноміальну лінію тренду другого порядку.

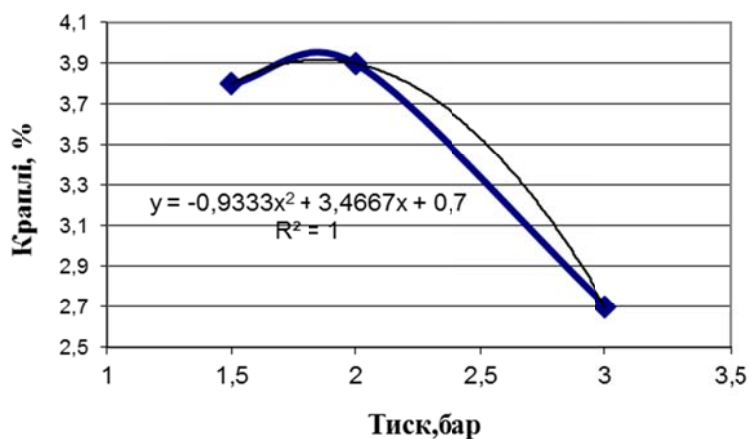


Рис. 2. Залежність розміру крапель від робочого тиску, при роботі розпилювача Lechler FT.

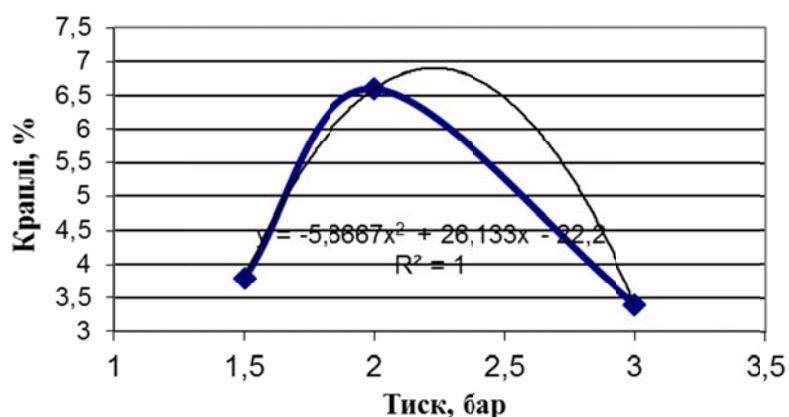


Рис. 3. Залежність розміру крапель від робочого тиску, при роботі розпилювача Дефлекторного коричневого.

Висновок. Із отриманих результатів бачимо, що крапель необхідного розміру дуже мало, < 7%. Тому питання утворення монодисперсного розпилю, способу його розрахунку та регулювання потребує додаткових досліджень.

Список джерел

1. ASAE S572.1. 2009. Spray Nozzle Classification by Droplet Spectra. Am. Soc. Agric. Eng., St. Joseph, MI., 4 p.
2. Кравчук В. І. Машины для хімічного захисту рослин / В. І. Кравчук, Д. Г. Войтюк. – Дослідницьке, 2010. – 184 с.
3. Обладнання для захисту рослин. Наконечники обприскувачів розпилювальні. Кольорове кодування для індексації (ISO 10625:2005(E), IDT): ДСТУ ISO 10625:2006.

References

1. ASAE S572.1. 2009. Spray Nozzle Classification by Droplet Spectra. Am. Soc. Agric. Eng., St. Joseph, MI., 4.
2. Kravchuk, V. I., Voytyuk, D. H. (2010). Mashyny dlya khimichnoho zakhystu roslyn [Machines for chemical protection of plants]. Doslidnyts'ke, 184.
3. Obladnannya dlya zakhystu roslyn. Nakonechnyky obpryskuskuvachiv rozpylyval'ni. Kol'orove koduvannya dlya indefikatsiyi [The equipment for plant protection. Tips Abrikot spray. Color coding for ndeka] (ISO 10625:2005(E), IDT): DSTU ISO 10625:2006.

УСТРОЙСТВ ДЛЯ ВНЕСЕНИЯ ЖИДКИХ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

В. Б. Онищенко, И. С. Любченко

Аннотация. *Использование жидких минеральных удобрений по листьям позволяет решить многие проблемы, связанные с питанием растений. Однако их внесения требует точного расчета количества необходимых удобрений, определения сроков подпитки и правильно подобранной распылительной техники. Каждый распылитель создает при определенном давлении капли разного диаметра. Наиболее оптимальными для внесения жидких минеральных удобрений является дефлекторные распылительные наконечники, поскольку дают сплошной распыл из крупных капель и создают более горизонтальный распыл, таким образом предотвращают вторичное распыление капель на более мелкие. При внесении жидких удобрений важно получить капли, рекомендуемый размер которых составляет >503 мкм, поскольку капли меньшего размера задерживаются на растениях, и вызывают ожоги. В статье приведены результаты исследований дефлекторных распыляющих устройств, производства ведущих зарубежных фирм, и образование ими капель при различных давлениях. Подсчет массового медианного диаметра показал, что процент капель размером >500 мкм, при работе исследованных распылителей составляет от 3 до 7%, в зависимости от давления. Определены диапазоны давления, при которых количество ценных капель, используя жидкие минеральные удобрения, будет максимальна.*

Ключевые слова: *жидкие минеральные удобрения, дефлекторный распылительный наконечник, медианный диаметр капель, давление*

RESEARCH DEFLECTING SPRAY DEVICE FOR LIQUID MINERAL FERTILIZERS

V. B. Onishchenko, I. S. Lyubchenko

Abstract. *The use of liquid fertilizer on the leaves can solve many problems associated with plants nutrition. However, their application are*

requires accurate calculation of the number of needed fertilizers, determine the timing of feeding and correct selection of spray equipment. Each nozzle can form at a certain pressure drops different diameter. The most optimal for the application of liquid fertilizer is deflector nozzles as provide a solid spray from big drops and create a horizontal spray, thus preventing secondary spraying droplets into smaller ones. For applying liquid fertilizers is important to get the drop, which is the recommended size >503 micron, since smaller droplets staying on the plants and cause burns. The article presents the results of research deflector nozzles devices manufactured by leading foreign companies and the formation of drops by them at different pressures. Calculation of volume mean diameter showed that the percentage drops which size > 500 micron, are only 3-7%, depending on the pressure. Determined pressure ranges at which the number of drops using liquid fertilizers will be maximized.

Key words: *liquid mineral fertilizer, deflector nozzle, volume mean diameter, pressure*

УДК 631.372

ОЦІНЮВАННЯ ПЕРСПЕКТИВ СТВОРЕННЯ МАШИННО-ТРАКТОРНИХ АГРЕГАТІВ НА БАЗІ ЕНЕРГОЗАСОБІВ ІНТЕГРАЛЬНОГО КОМПОНУВАННЯ

**Г. В. Шкарівський, кандидат технічних наук
e-mail: kafedra-avto@ukr.net**

Анотація. Викладено результати досліджень стосовно оцінювання впливу особливостей інтегральної конструктивно-компонувальної схеми енергозасобу, проведеного з допомогою критеріїв збирання агрегату, ремонтпридатності агрегату та функціонального насичення енергозасобу на створення машинно-тракторних агрегатів на його базі.

В результаті проведених досліджень встановлено, що конструктивно-компонувальна схема енергозасобу має значний вплив на показники, що характеризують ефективність комплектування агрегатів на його базі. Для технологічного процесу вирощування зернових культур встановлено, що для енергозасобів інтегральної конструктивно-компонувальної схеми найкращим є схемне рішення, яке передбачає наявність переставного реверсивного поста керування і дозволяє, за умови ефективного функціонування комбінованих агрегатів на їх базі та

© Г. В. Шкарівський, 2016

requires accurate calculation of the number of needed fertilizers, determine the timing of feeding and correct selection of spray equipment. Each nozzle can form at a certain pressure drops different diameter. The most optimal for the application of liquid fertilizer is deflector nozzles as provide a solid spray from big drops and create a horizontal spray, thus preventing secondary spraying droplets into smaller ones. For applying liquid fertilizers is important to get the drop, which is the recommended size >503 micron, since smaller droplets staying on the plants and cause burns. The article presents the results of research deflector nozzles devices manufactured by leading foreign companies and the formation of drops by them at different pressures. Calculation of volume mean diameter showed that the percentage drops which size > 500 micron, are only 3-7%, depending on the pressure. Determined pressure ranges at which the number of drops using liquid fertilizers will be maximized.

Key words: *liquid mineral fertilizer, deflector nozzle, volume mean diameter, pressure*

УДК 631.372

ОЦІНЮВАННЯ ПЕРСПЕКТИВ СТВОРЕННЯ МАШИННО-ТРАКТОРНИХ АГРЕГАТІВ НА БАЗІ ЕНЕРГОЗАСОБІВ ІНТЕГРАЛЬНОГО КОМПОНУВАННЯ

**Г. В. Шкарівський, кандидат технічних наук
e-mail: kafedra-avto@ukr.net**

Анотація. Викладено результати досліджень стосовно оцінювання впливу особливостей інтегральної конструктивно-компонувальної схеми енергозасобу, проведеного з допомогою критеріїв збирання агрегату, ремонтпридатності агрегату та функціонального насичення енергозасобу на створення машинно-тракторних агрегатів на його базі.

В результаті проведених досліджень встановлено, що конструктивно-компонувальна схема енергозасобу має значний вплив на показники, що характеризують ефективність комплектування агрегатів на його базі. Для технологічного процесу вирощування зернових культур встановлено, що для енергозасобів інтегральної конструктивно-компонувальної схеми найкращим є схемне рішення, яке передбачає наявність переставного реверсивного поста керування і дозволяє, за умови ефективного функціонування комбінованих агрегатів на їх базі та

© Г. В. Шкарівський, 2016

наявності машин і знарядь для створення необхідних агрегатів, отримати усереднені значення критеріїв збирання і ремонтпридатності агрегату на рівні 0,90, а критерію функціональної насиченості енергозасобу – на рівні 1,00. При цьому з метою вдосконалення конструкцій енергозасобів потрібно спрямовувати науково-дослідні та дослідно-конструкторські роботи в напрямі створення необхідних засобів та умов агрегування енергетичного модуля з технологічними модулями, що і може скласти напрями подальших наукових розвідок з даної проблеми.

Ключові слова: *мобільний енергетичний засіб, машинно-тракторний агрегат, комплектування, оцінка, інтегральна конструктивно-компонувальна схема, критерій*

Постановка проблеми. Собівартість кінцевої продукції сільського господарства істотно залежить від ефективності використання машинно-тракторних парків господарств і, зокрема, мобільних енергетичних засобів (МЕЗ), які є основою для створення машинно-тракторних агрегатів (МТА). У зв'язку з цим як у продукції вітчизняного тракторобудування, так і в продукції закордонних тракторобудівних підприємств спостерігається практика створення енергозасобів нових модифікацій з декларуванням високих споживчих якостей включаючи і умови агрегування. Подібні підходи знаходять вираження навіть у створенні машин з вдосконаленими, а іноді і новими, в даному класі енергозасобів, конструктивно-компонувальними схемами. Такі підходи не завжди мали позитивний вплив на собівартість кінцевої продукції сільського господарства, оскільки саме конструктивно-компонувальна схема МЕЗ визначає можливість створення агрегатів різного призначення і комплектування [1]. За таких умов, і у відповідності до положень державної цільової програми реалізації технічної політики в агропромисловому комплексі, має місце гостра необхідність оцінки потенціалу машини в питаннях реалізації як вже існуючих, так і новітніх технологій ще на стадії її проектування і яка дасть змогу сконцентрувати кошти на оптимальних технічних рішеннях.

Аналіз останніх досліджень. В роботі [2] розрізняється технічна і технологічна експлуатація МЕЗ. Автором роботи [2] запропоновано оцінювати рівень технологічності енергозасобу за трьома узагальненими показниками: продуктивністю, агротехнічною якістю виконання технологічної операції та собівартістю робіт. Крім того, в роботі приведені залежності для визначення технологічної універсальності і ефективності використання енергетичного засобу. Однак, приведені автором роботи [2] функціональні залежності не

дозволяють конкретизувати оцінку конструкції машини з тим щоб її оптимізувати, і можуть слугувати лише у якості рамок певних узагальнених вимог.

В роботі [3] перспективність конструкцій сільськогосподарської техніки рекомендується оцінювати коефіцієнтом універсализації K_y за зведеним кількісним показником, який базується на коефіцієнтах різновикористання машини, комбінованості і агрегатуємості. Одним з найважливіших недоліків цієї методики є нечітка диференціація конструктивних можливостей і їх фактична реалізація в показнику різновикористання.

Авторами роботи [4] запропонована методика визначення перспективності конструкцій з допомогою коефіцієнта універсальності конструкції. Методика визначення коефіцієнта універсальності конструкції передбачає визначення співвідношення між сумами реальних показників та їх максимальними оцінками в балах. Основним недоліком цієї методики, на нашу думку, є використання бальних оцінок, що вносить певний суб'єктивізм в кінцевий результат, а також при застосуванні таких оцінок оціночні значення K_{yK} можуть досягати значень, порівняння яких некоректно. Крім того, така методика ускладнює оцінку конструкції МЕЗ при його подальшому використанні у складі МТА різної комплектації і призначення, тобто за умови розгляду декількох технологічних процесів.

В роботі [5] запропоновано проводити оцінку загальної конструкції енергозасобу за трьома критеріями, а саме:

- критерій збирання МТА

$$K_3 = \frac{m(P)_3+1}{m(P_n)}, \quad (1)$$

де: K_3 – критерій збирання; $m(P)_3$ – кількісний склад множини можливих підмножин МТА, які можна отримати при складанні агрегату; $m(P_n)$ – кількісний склад множини степеня МТА, підрахований, виходячи тільки з його складу:

$$m(P_n) = 2^n, \quad (2)$$

де: n – кількість модулів, з яких складається МТА;

- критерій ремонтпридатності МТА:

$$K_P = \frac{m(P)_P+1}{m(P_n)}, \quad (3)$$

де: K_P – критерій ремонтпридатності; $m(P)_P$ – кількісний склад множини можливих підмножин, які можна отримати при будь-якій послідовності розбирання МТА на певному рівні;

- критерій функціональної насиченості енергозасобу:

$$K_\Phi = \frac{M_\Phi}{M}, \quad (4)$$

де: M_{ϕ} – фактична кількість технологічних операцій, виконання яких забезпечує енергозасіб; M – загальна кількість операцій в технологічному процесі, на яких використовується енергозасіб.

Досвід використання приведених методик дозволив зупинити вибір на методиці, викладеній в роботі [5] і передбачає визначення критеріїв збирання, ремонтпридатності агрегату та функціональної насиченості енергозасобу.

Мета досліджень. Оцінка перспектив створення МТА на базі МЕЗ інтегральної конструктивно-компонувальної схеми за реальним технологічним процесом.

Результати досліджень. Конструктивно-компонувальна схема підпорядкована функціональним призначенням трактора і характеризується розмірами і типом рушіїв, розташуванням агрегатів і систем, наявністю вільного простору для націплювання машин, знарядь і установки технологічних місткостей, базою, величиною дорожнього та агротехнічного присвітів, координатами центру мас. Інтегральна компоновка з'явилася на сучасних моделях сільськогосподарських тракторів порівняно не давно.

Основними її ознаками є:

- наявність трьох зон вільного простору (передньої, середньої, задньої) для установки знарядь або технологічних місткостей ;
- наявність розгалуженої системи валів відбору потужності (ВВП);
- переднє або центральне розташування кабіни з круговою оглядовістю;
- чотири ведучих і керованих колеса однакового розміру;
- наявність розгалуженої гідросистеми управління знаряддями;
- реверсування ходу трактора;
- високі тягово-зчіпні і транспортні якості;
- необхідний запас потужності двигуна [6].

Згідно результатів роботи [7] встановлено, що енергозасоби інтегральної компоновки, у відповідності до вимог споживача, можуть в широкому діапазоні характеристик змінювати свої споживчі якості до досягнення рівня універсальності конструкції $K_{yk} = 0,82-0,91$ при максимальному його значенні рівному 1,0 за рахунок реалізації трьох варіантів схемних рішень, а саме:

1 – основні характеристики схемного рішення: міжбазове (центральне розташування поста керування), не реверсивний пост керування, не реверсивна трансмісія – рис. 1а.

Додаткові характеристиками такого схемного рішення: інші ознаки, які відповідають тим, що викладені в роботі [6].

2 – основні характеристики схемного рішення: переставний реверсивний пост керування – рис. 1, б.

Додаткові характеристиками такого схемного рішення: інші ознаки, які відповідають тим, що викладені в роботі [6].

3 – основні характеристики схемного рішення: «симетрична» інтегральна компоновка з реверсивним не переставним постом керування - рис. 1, в.

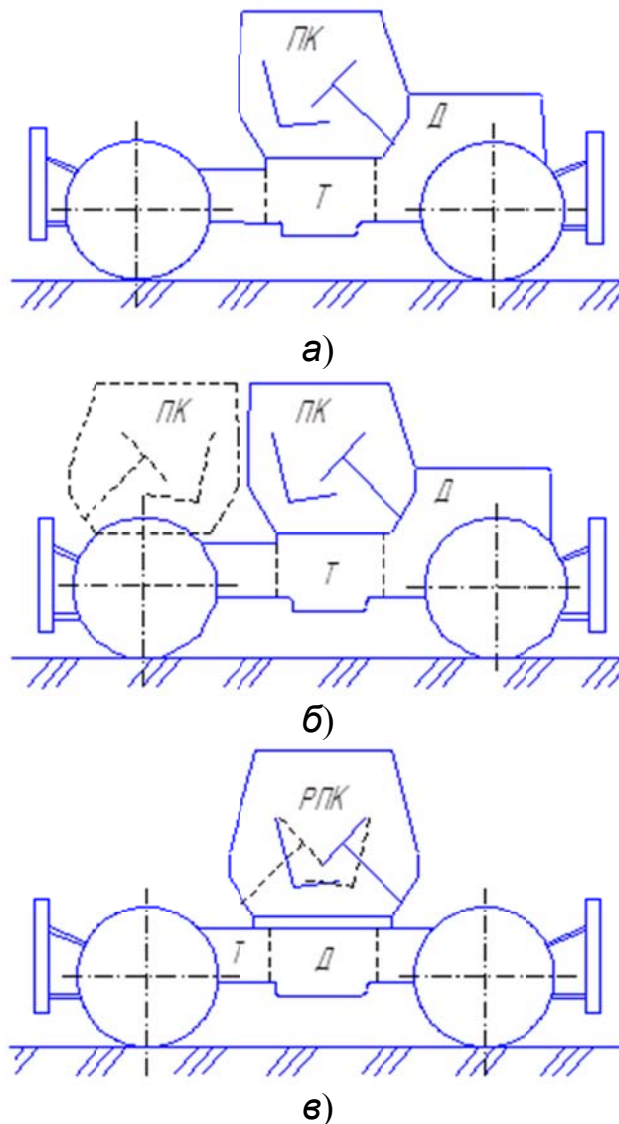


Рис. 1. Інтегральна конструктивно-компонувальна схема МЕЗ та пріоритетні етапи її розвитку: а – міжбазове (центральне розташування поста керування), не реверсивний пост керування, не реверсивна трансмісія; б – переставний реверсивний пост керування; в – «симетрична» інтегральна компоновка з реверсивним не переставним постом керування; Д – двигун; Т – трансмісія; ПК – пост керування; РПК – реверсивний пост керування.

Додаткові характеристиками такого схемного рішення: інші ознаки, які відповідають тим, що викладені в роботі [6].

Дослідження проводились для можливих варіантів машинно-тракторних агрегатів створених на базі описаних вище трьох типів схемних рішень інтегральної конструктивно-компонувальної схеми представлених на рис. 1. Для проведення досліджень було прийнято технологічний процес вирощування зернових культур, а в ньому виділено головні операції, якими стали: внесення мінеральних добрив; основний обробіток ґрунту; передпосівний обробіток ґрунту; сівба; обприскування посівів та збирання врожаю. Для кожного варіанту визначали значення критеріїв збирання та ремонтпридатності в розрізі названих технологічних операцій та усереднювали їх в розрізі технологічного процесу. Визначали значення критерію функціональної насиченості енергозасобу (лише за обраними операціями). Крім того, перед проведенням досліджень умовилися, що елементами множини-ступені деякої множини модулів, яка характеризує склад МТА, можуть бути всі існуючі реально, хоча б у стаціонарних умовах, сполучення модулів, які входять у даний агрегат, за виключенням тих, що отримані шляхом додаткових (не характерних для даного типу агрегату і енергозасобу) розбирально-складальних операцій.

У табл. 1 приведений перелік названих вище технологічних операцій і для кожної з них приведено компонентувальну схему МТА складеного на базі енергозасобу інтегральної конструктивно-компонувальної схеми реалізованої за схемним рішенням представленим на рис. 1,а. Схеми агрегатів вибрано ті, які найчастіше використовуються. Для кожної операції приведено значення критеріїв збирання та ремонтпридатності, визначені з використанням залежностей (1) та (3), а в кінці таблиці (остання строка) – значення критерію функціональної насиченості агрегату, визначеного за залежністю (4) лише в розрізі технологічних операцій, прийнятих до розгляду.

Так агрегат для внесення мінеральних добрив складається з енергетичного модуля – а (МЕЗ класичної компоновки, що відповідає схемі, представленої на рис. 1,а) і ще двох модулів: технологічного – в, який призначений для накопичення (кузов) і розкидання (тарілчастий розкидний робочий орган) добрив, а також допоміжного – с (ходова частина розкидача).

Модулі в і с розміщені в одній машині і є нероздільними, тобто, якщо вважати розкидач мінеральних добрив якоюсь множиною модулів M , то він може бути представлений наступним чином:

$$M = \{b, c\}.$$

При цьому МТА, як множина модулів, може бути представлений наступним чином:

$$MTA = \{a, \{b, c\}\}.$$

1. Оцінка реалізації технологічного процесу вирощування зернових культур агрегатами на базі енергозасобу інтегральної конструктивно-компонувальної схеми побудованого згідно схемного рішення представленого на рис. 1,а

Назва технологічної операції	Компонувальна схема МТА*	Значення критеріїв та характерних величин для їх визначення
Внесення мінеральних добрив		$m(P)_3 = m(P)_p = 3$ $m(P_n) = 8$ $K_3 = K_p = 0,5$
Основний обробіток ґрунту		$m(P)_3 = m(P)_p = 3$ $m(P_n) = 4$ $K_3 = K_p = 1$
Передпосівний обробіток ґрунту і сівба		$m(P)_3 = m(P)_p = 7$ $m(P_n) = 8$ $K_3 = K_p = 1$
Обприскування посівів		$m(P)_3 = m(P)_p = 3$ $m(P_n) = 4$ $K_3 = K_p = 1$
Збирання врожаю		$m(P)_3 = m(P)_p = 1$ $m(P_n) = 4$ $K_3 = K_p = 0,5$
Усереднені значення критеріїв збирання K_3 та ремонтпридатності K_p		0,80
Критерій функціональної насиченості енергозасобу K_Φ		0,80
*)а – енергетичний модуль (трактор, енергосилова установка комбайна); в, д – технологічні модулі; с – допоміжний модуль.		

Такий запис означає, що на основі відношення належності $a \in MTA$; $\{b, c\} \in MTA$; $b, c \in \{b, c\}$, але b, c не належить MTA [8].

У такому випадку кількісний склад множини реальних підмножин МТА, який можна отримати при збиранні (розбиранні)

останнього за умови, що $P = \{a\}; \{b, c\}; \{a, \{b, c\}\}$ дорівнює $m(P)_3 = m(P)_P = 3$. Кількісний склад множини-степені цього агрегату $m(P_n) = 2^3 = 8$.

Визначені за допомогою залежностей (1) і (3) кількісні значення критеріїв збирання і ремонтпридатності рівні між собою і дорівнюють 0,5. Це говорить про те, що проаналізований агрегат для внесення мінеральних добрив, створений за приведеною схемою, володіє низькою збираємістю і ремонтпридатністю через наявність у його складі додаткового модуля – ходової частини, яка не приймає безпосередньої участі у забезпеченні виконання технологічної операції, не може бути використана у виконанні іншої операції, але відволікає увагу при обслуговуванні агрегату і може потребувати створення окремих ремонтних дільниць.

Агрегат для основного обробітку ґрунту (див табл. 1) складеться з двох модулів: енергетичного – *а* (трактор) і технологічного – *в* (плуг). У такому випадку агрегат для основного обробітку ґрунту, як множина модулів, може бути записаний наступним чином:

$$MTA = \{a, b\}.$$

Тоді реальна кількість підмножин при збиранні (розбиранні) МТА за умови $P = \{a\}; \{b\}; \{a, b\}$ дорівнює $m(P)_3 = m(P)_P = 3$. Кількісний склад множини-степені цього агрегату $m(P_n) = 2^2 = 4$.

В такому випадку значення критеріїв збирання і ремонтпридатності рівні між собою і дорівнюють 1,00, що говорить про максимальну збираємість і ремонтпридатність агрегату для основного обробітку ґрунту.

Під час досліджень технологічного процесу, реалізованого на базі МЕЗ інтегрального компонування до розгляду був включений і комбінований ґрунтообробно-посівний агрегат, складений з одного енергетичного *а* і двох технологічних *в* і *д* модулів. При цьому не передбачалося використання жодного допоміжного модуля.

Використовуючи викладену методику визначили значення критеріїв збирання та ремонтпридатності для всіх операцій (див. табл. 1). Усереднене значення по операціях, де задіяний енергозасіб інтегральної конструктивно-компонувальної схеми згідно схемного рішення представленого на рис. 1,а складає 0,8, що нижче максимально можливого значення рівного 1,00.

Технологічний процес реалізований на базі трактора інтегральної конструктивно-компонувальної схеми потребує використання самохідного зернозбирального комбайна. У такому випадку, згідно залежності (6) критерій функціональної насиченості енергозасобу буде складати $K_\Phi = 0,80$, що менше максимально можливого значення цього критерію рівному 1,00.

Викладені результати отримані спираючись на діючі в Україні технологічні карти з урахуванням наявного в господарствах і передбаченого діючою системою машин машинно-тракторного парку. З метою оцінки перспективності технічних рішень, які можливі і відбуваються в конструктивно-компонувальній схемі МЕЗ інтегрального компонування і передбачені схемним рішенням представленим на рис. 1,б проводились аналогічні дослідження і з компонуванням енергозасобу задекларованим названим схемним рішенням. При цьому аналіз проводився і з урахуванням можливості створення МТА, до складу яких входять технологічні модулі не традиційних для машинно-тракторних парків господарств конструкцій. Результати названих досліджень представлені в табл. 2. Особливістю досліджень представлених в табл. 2 є те, що за рахунок застосування переставного поста керування (за прикладом Claas Xerion) врахована можливість створення агрегату для внесення мінеральних добрив, кузов розкидача якого монтується на базу енергозасобу, тобто додатковий модуль «ходова частина розкидача» не використовується. В такому випадку агрегат для внесення мінеральних добрив (табл. 2) складеться з двох модулів: енергетичного – *a* (трактор) і технологічного – *b* (розкидач мінеральних добрив). У такому випадку агрегат для внесення мінеральних добрив, як множина модулів, може бути записаний наступним чином:

$$MTA = \{a, b\}.$$

Тоді реальна кількість підмножин при збиранні (розбиранні) МТА за умови $P = \{a\}; \{b\}; \{a, b\}$ дорівнює $m(P)_3 = m(P)_P = 3$. Кількісний склад множини-степені цього агрегату $m(P_n) = 2^2 = 4$.

Значення критеріїв збирання і ремонтпридатності рівні між собою і дорівнюють 1,00, що говорить про максимальну збираємість і ремонтпридатність агрегату для внесення мінеральних добрив.

Під час досліджень технологічного процесу, реалізованого на базі МЕЗ створеного згідно схемного рішення представленого на рис. 1,б до розгляду був включений і агрегат з причіпним зернозбиральним комбайном. При цьому до такого агрегату, окрім енергетичного – *a* і технологічного *b* модулів був ще включений допоміжний модуль *c* – ходова частина причіпного комбайна.

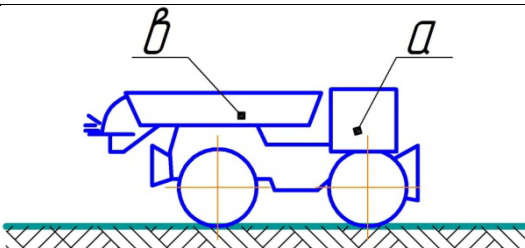
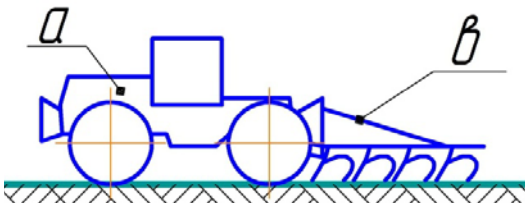
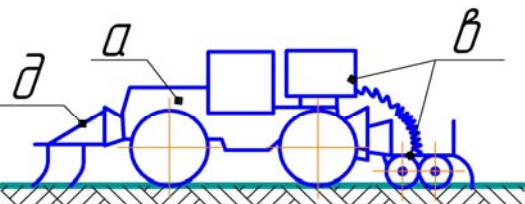
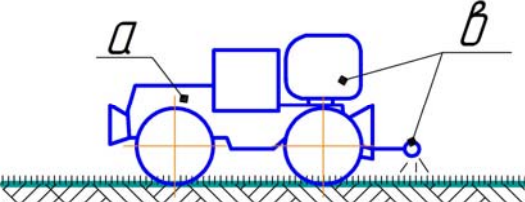
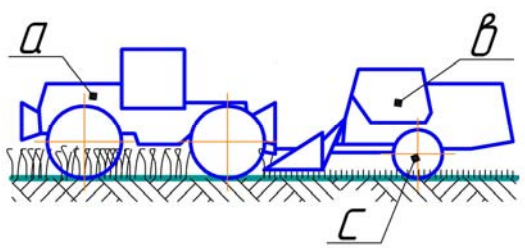
Модулі *b* і *c* розміщені в одній машині і є нероздільними, тобто, якщо вважати зернозбиральний комбайн певною множиною модулів *M*, то він може бути представлений наступним чином:

$$M = \{b, c\}.$$

При цьому МТА, як множина модулів, може бути представлений наступним чином:

$$MTA = \{a, \{b, c\}\}.$$

2. Оцінка реалізації технологічного процесу вирощування зернових культур агрегатами на базі енергозасобу інтегральної конструктивно-компонувальної схеми побудованого згідно схемного рішення представленого на рис. 1,6

Назва технологічної операції	Компонувальна схема МТА*	Значення критеріїв та характерних величин для їх визначення
Внесення мінеральних добрив		$m(P)_3 = m(P)_p = 3$ $m(P_n) = 4$ $K_3 = K_p = 1$
Основний обробіток ґрунту		$m(P)_3 = m(P)_p = 3$ $m(P_n) = 4$ $K_3 = K_p = 1$
Передпосівний обробіток ґрунту і сівба		$m(P)_3 = m(P)_p = 7$ $m(P_n) = 8$ $K_3 = K_p = 1$
Обприскування посівів		$m(P)_3 = m(P)_p = 3$ $m(P_n) = 4$ $K_3 = K_p = 1$
Збирання врожаю		$m(P)_3 = m(P)_p = 3$ $m(P_n) = 8$ $K_3 = K_p = 0,5$
Усереднені значення критеріїв збирання K_3 та ремонтпридатності K_p		0,90
Критерій функціональної насиченості енергозасобу K_Φ		1,00
*) a – енергетичний модуль (трактор); b, d – технологічні модулі; c – допоміжний модуль		

Такий запис означає, що на основі відношення належності $a \in MTA; \{b, c\} \in MTA; b, c \in \{b, c\}$, але b, c не належить МТА [8].

У такому випадку кількісний склад множини реальних підмножин МТА, який можна отримати при збиранні (розбиранні) останнього за умови, що $P = \{a\}; \{b, c\}; \{a, \{b, c\}\}$ дорівнює $m(P)_3 = m(P)_P = 3$. Кількісний склад множини-степені цього агрегату $m(P_n) = 2^3 = 8$.

Визначені за допомогою залежностей (1) і (3) кількісні значення критеріїв збирання і ремонтпридатності рівні між собою і дорівнюють 0,5. Таким чином, у підсумку можна стверджувати, що енергозасоби інтегральної конструктивно-компонувальної схеми створені за схемним рішенням, представленим на рис. 1,б мають кращі потенційні можливості у забезпеченні ефективної реалізації розглянутого технологічного процесу порівняно з енергозасобами інтегральної компоновки, виконаними за схемним рішенням 1а оскільки значення критеріїв збирання та ремонтпридатності агрегатів на їх базі та функціональної насиченості енергозасобу знаходяться на рівні 0,90 та 1,00 проти 0,80 та 0,80 відповідно.

Повну оцінку інтегральної конструктивно-компонувальної схеми закінчимо розглядом «симетричної» інтегральної конструктивно-компонувальної схеми з реверсивним не переставним постом керування – схемне рішення представлено на рис. 1,в.

Дослідження проводили для того ж технологічного процесу вирощування зернових культур і розглядали такі ж технологічні операції, як і в табл. 2.

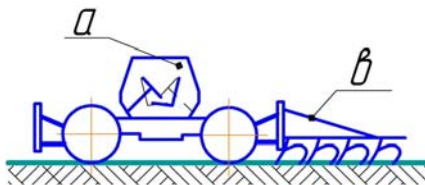
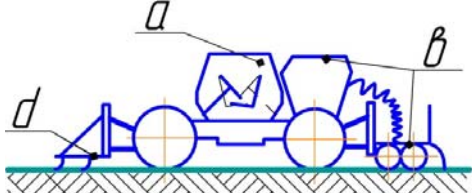
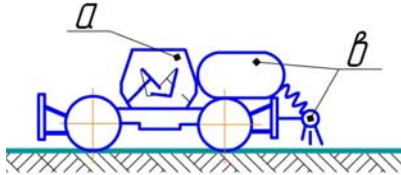
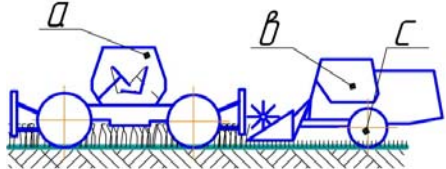
Результати досліджень представлені в табл. 3. Зважаючи на неможливість розташування кузова розкидача мінеральних добрив в межах бази енергозасобу (за виключенням начіпних мало об'ємних розкидачів, які тут не розглядаються), для внесення мінеральних добрив використано агрегат з причіпним розкидачем кузовного типу, як і для дослідження енергозасобів, створених на базі схемного рішення представленого на рис. 1,а.

Таким чином, технологічний процес реалізований на базі трактора «симетричної» інтегральної конструктивно-компонувальної схеми забезпечує отримання усереднених значень критеріїв збирання і ремонтпридатності агрегатів на рівні 0,80 ($K_3 = K_P = 0,80$), а критерію функціональної насиченості енергозасобу $K_\Phi = 1,00$, що відповідає максимально можливому значенню цього критерію рівному 1,00.

За таких умов, згідно результатів досліджень енергозасобів інтегральної конструктивно-компонувальної схеми встановлено, що найкращими характеристиками щодо створення машинно-тракторних агрегатів володіють енергозасоби створені за схемним рішенням, представленим на рис. 1,б і які характеризуються наявністю переставного реверсивного поста керування, а інші

ознаки, відповідають тим, що викладені в роботі [6] стосовно енергозасобів інтегральної конструктивно-компонувальної схеми, оскільки для них значення критеріїв збирання, ремонтпридатності агрегатів та функціональної насиченості енергозасобу мають розмір 0,90 та 1,00 відповідно, проти 0,80 та 0,80 відповідно для схемного рішення представленого на рис. 1,а і 0,80 та 1,00 відповідно – для схемного рішення представленого на рис. 1,в.

3. Оцінка реалізації технологічного процесу вирощування зернових культур агрегатами на базі енергозасобу «симетричної» інтегральної конструктивно-компонувальної схеми побудованого згідно схемного рішення представленого на рис. 1,в.

Назва технологічної операції	Компонувальна схема МТА*	Значення критеріїв та характерних величин для їх визначення
Внесення мінеральних добрив		$m(P)_3 = m(P)_p = 3$ $m(P_n) = 8$ $K_3 = K_p = 0,5$
Основний обробіток ґрунту		$m(P)_3 = m(P)_p = 3$ $m(P_n) = 4$ $K_3 = K_p = 1$
Передпосівний обробіток ґрунту і сівба		$m(P)_3 = m(P)_p = 7$ $m(P_n) = 8$ $K_3 = K_p = 1$
Обприскування посівів		$m(P)_3 = m(P)_p = 3$ $m(P_n) = 4$ $K_3 = K_p = 1$
Збирання врожаю		$m(P)_3 = m(P)_p = 3$ $m(P_n) = 8$ $K_3 = K_p = 0,5$
Усереднені значення критеріїв збирання K_3 та ремонтпридатності K_p		0,80
Критерій функціональної насиченості енергозасобу K_Φ		1,00
*) а – енергетичний модуль (трактор); в, д – технологічні модулі; с – допоміжний модуль		

Однак, для досягнення отриманих показників необхідно забезпечити ефективність функціонування агрегатів різних типів на базі названих енергозасобів, включаючи і комбіновані, за рахунок розроблення необхідних машин і знарядь та створення пристроїв і задовільних умов для агрегування, що, в свій час, істотно вплинуло на впровадження у виробництво тракторів типу ЛТЗ-155, ХТЗ-120 тощо.

Результати проведених досліджень, навіть за істотно скороченим переліком технологічних операцій, вказують на те, що конструктивно-компонувальна схема енергозасобу вносить значний вплив на показники, що характеризують ефективність комплектування агрегатів на його базі і застосовані критерії для її оцінки дозволяють отримати якісну загальну картину перспектив впровадження в сільськогосподарське виробництво енергозасобів різних конструктивно-компонувальних схем.

Висновок. В результаті проведених досліджень встановлено, що конструктивно-компонувальна схема енергозасобу має значний вплив на показники, що характеризують ефективність комплектування агрегатів на його базі. Для технологічного процесу вирощування зернових культур встановлено, що для енергозасобів інтегральної конструктивно-компонувальної схеми найкращим є схемне рішення, яке передбачає наявність переставного реверсивного поста керування і дозволяє, за умови ефективного функціонування комбінованих агрегатів на їх базі та наявності машин і знарядь для створення необхідних агрегатів, отримати усереднені значення критеріїв збирання і ремонтпридатності агрегату на рівні 0,90, а критерію функціональної насиченості енергозасобу – на рівні 1,00. При цьому з метою вдосконалення конструкцій енергозасобів потрібно спрямовувати науково-дослідні та дослідно-конструкторські роботи в напрямі створення необхідних засобів та умов агрегування енергетичного модуля з технологічними модулями, що і може скласти напрями подальших наукових розвідок з даної проблеми.

Список літератури

1. *Погорілий Л. В.* Сучасні проблеми землеробської механіки і машинознавства при створенні сільськогосподарської техніки нового покоління / *Л. В. Погорілий* // Техніка АПК. – 2004. – № 1–2. – С. 6–7.
2. *Кутьков Г. М.* О технологических свойствах мобильных энергетических средств / *Г. М. Кутьков* // Праці Таврійської державної агротехнічної академії. – Мелітополь. – 2006. – Вип. 40. – С. 140–148.
3. *Нелюбов А. И.* Универсализация сельхозмашин / *А. И. Нелюбов, А. М. Кругляков* // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1977. – № 12. – С. 10–18.

4. Кальченко Б. И. Анализ универсальности тракторов и самоходных машин / Б. И. Кальченко, А. Е. Писаренко, О. М. Сидоренко, В. Г. Евтенко // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1997. – № 1. – С. 21–23.
5. Шкарівський Г. В. До питання оцінки конструктивно-компоновальних схем енергозасобів / Г. В. Шкарівський // Вісник аграрної науки. – 2001. – № 9. – С. 52–54.
6. Компонировка тракторов [Электронный ресурс] / – Режим доступа: <http://vostok-agro.info/dokumentaciya/komponovka-traktorov.html>.
7. Шкаровский Г. В. Классическая конструктивно-компоновочная схема МЭС – состояние и пути развития / Г. В. Шкаровский // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. – 2015. – Vol. 17. – No 3. – P. 123–128.
8. Сигорский В. П. Математический аппарат инженера / В. П. Сигорский. – К.: Техника, 1977. – 768 с.

References

1. Pohorilyy, L. V. (2004). Suchasni problemy zemlerobs'koyi mekhaniky i mashynoznavstva pry stvorenni sil's'kohospodars'koyi tekhniky novoho pokolinnya [Modern problems of agricultural mechanics and engineering in the creation of agricultural equipment of new generation]. Technique AIC, 1–2, 6–7.
2. Kut'kov, H. M. (2006). O tekhnolohycheskykh svoystvakh mobyl'nykh enerhetycheskykh sredstv [Technological properties of mobile power means]. Works of Tavria State Agrotechnical Academy. Melitopol', Vyp. 40, 140–148.
3. Nelyubov, A. Y., Kruhlyakov, A. M. (1977). Unyversalizatsyya sel'khoz mashyn [The universalization of agricultural machinery]. Traktory y sel'skokhozyaystvennye mashyny, 12, 10–18.
4. Kal'chenko, B. Y., Pysarenko, A. E., Sydorenko, O. M., Evtenko, V. H. (1997). Analiz unyversal'nosti traktorov y samokhodnykh mashyn [Analysis of the universality of tractors and self-propelled machines]. Tractors and agricultural machines, 1, 21–23.
5. Shkarivs'kyy, H. V. (2001). Do pytannya otsinky konstruktyvno-komponoval'nykh skhem ennerhozasobiv [To the question of assessing the structural and compositional schemes Energetikov]. Bulletin of agricultural science, 9, 52–54.
6. Komponovka traktorov [The layout of tractors] [Elektronnyy resurs]. Rezhym dostupu: <http://vostok-agro.info/dokumentaciya/komponovka-traktorov.html>.
7. Shkarovskyy, H. V. (2015). Klassycheskaya konstruktyvno-komponovochnaya skhema MES – sostoyanye y puty razvytyya [Classic structurally-layout scheme of MES – status and ways of development]. MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture, Vol. 17, 3, 123–128.
8. Syhorskiy, V. P. (1977). Matematycheskiy aparat inzhenera [The mathematical apparatus of the engineer]. K.: Tekhnika, 768.

ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ СОЗДАНИЯ МАШИННО-ТРАКТОРНЫХ АГРЕГАТОВ НА БАЗЕ ЭНЕРГОСРЕДСТВ ИНТЕГРАЛЬНОГО КОМПОНОВКА

Г. В. Шкаровский

Аннотация. Изложены результаты исследований по оценке влияния особенностей интегральной конструктивно-компоновочной схемы энергосредства, проведенного с помощью критериев сборки агрегата, ремонтпригодности агрегата и

функционального насыщения энергосредства на создание машинно-тракторных агрегатов на его базе.

В результате проведенных исследований установлено, что конструктивно-компоновочная схема энергосредства имеет значительное влияние на показатели, характеризующие эффективность комплектования агрегатов на его базе. Для технологического процесса выращивания зерновых культур установлено, что для энергосредств интегральной конструктивно-компоновочной схемы наилучшим является схемное решение, которое предполагает наличие переставного реверсивного поста управления и позволяет, при условии эффективного функционирования комбинированных агрегатов на их базе и наличии машин и орудий для создания необходимых агрегатов, получить усредненные значения критериев сбора и ремонтпригодности агрегата на уровне 0,90, а критерия функциональной насыщенности энергосредства – на уровне 1,00. При этом с целью совершенствования конструкций энергосредств нужно направлять научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы в направлении создания необходимых средств и условий агрегатирования энергетического модуля с технологическими модулями, и может составить направления дальнейших научных исследований по данной проблеме.

Ключевые слова: мобильное энергетическое средство, машинно-тракторный агрегат, комплектование, оценка, интегральная конструктивно-компоновочная схема, критерий

ASSESSMENT OF PROSPECTS FOR CREATION OF MACHINE-TRACTOR AGGREGATES ON BASIS OF ENERGOCREDIT INTEGRATED LAYOUT

G. V. Shkarovskiy

Abstract. The results of studies evaluating the impact of features of the IC design-layout scheme energonasos conducted using the criteria of Assembly, maintainability and Assembly of a functional saturation energonasos for the creation of machine-tractor units at its base. As a result of researches it is established that structurally-layout scheme energonasos has a significant impact on the indicators characterizing the efficiency of the generation units at its base. For the technological process of cultivation of cereal crops found that for energocredit integrated design-layout scheme is the best scheme solution which implies the existence of adjustable reverse control and allows you, subject to the effective functioning of the combined units at their base and availability of machines and tools to create the necessary aggregates to obtain the average values of the criteria of collecting and maintainability of the unit at the level of 0.90 and criterion functional saturation energosistemu – at 1.00. With the aim of improving the design

of energocredit to guide research and development work in the direction of creating the necessary means and conditions aggregation of energy module technology modules, and may constitute areas for further scientific research on this issue.

Key words: *mobile power-tool, machine-tractor unit, acquisition, evaluation, integral structurally-layout scheme, criterion*

УДК 635.82; 631.333.92

"ГРОП-ДЕЙСТВИЕ" В МЕТОДЕ КАНОНИЧЕСКОГО УСРЕДНЕНИЯ ДЛЯ СУЩЕСТВЕННО НЕЛИНЕЙНЫХ МЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ БЛИЗКИХ К ТОЧНО ИНТЕГРИРУЕМЫМ

Ю. В. Човнюк, И. Н. Сивак, кандидаты технических наук
e-mail: sivakim@ukr.net

Аннотация. Обоснован метод канонического усреднения для существенно нелинейных механических систем, близких к точно интегрируемым. При этом использование переменные "групп-действие", которые приняты в практике квантовомеханических расчётов. Проведен анализ движения гибкого вала с неуравновешенным диском/барабаном, симметрично расположенным относительно опор.

Итак, рассмотренный в данном исследовании случай колебаний гибкого вала с симметрично (относительно его опор) насыщенным диском/барабаном показывает, что нахождение общего решения нелинейной канонической системы сопряжено с довольно громоздкими выкладками при нахождении параметров самого канонического преобразования.

В ряде случаев, по-видимому, более простым способом решения может оказаться выполнения канонического преобразования по принципу усреднения.

Ключевые слова: *переменные "групп-действие", квантовая механика, каноническое усреднение, существенная нелинейность, механическая система*

Постановка проблемы. Известно [1–4], что для построения функции преобразования (производящей функции канонического преобразования) в тех случаях, когда уравнения Гамильтона-Якоби интегрируются в квадратурах, можно использовать идею асимметрических методов нелинейной механики и в частности, метод возмущений нелинейной механики, приведенный в классическом

© Ю. В. Човнюк, И. Н. Сивак, 2016

of energocredit to guide research and development work in the direction of creating the necessary means and conditions aggregation of energy module technology modules, and may constitute areas for further scientific research on this issue.

Key words: *mobile power-tool, machine-tractor unit, acquisition, evaluation, integral structurally-layout scheme, criterion*

УДК 635.82; 631.333.92

"ГРОП-ДЕЙСТВИЕ" В МЕТОДЕ КАНОНИЧЕСКОГО УСРЕДНЕНИЯ ДЛЯ СУЩЕСТВЕННО НЕЛИНЕЙНЫХ МЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ БЛИЗКИХ К ТОЧНО ИНТЕГРИРУЕМЫМ

Ю. В. Човнюк, И. Н. Сивак, кандидаты технических наук
e-mail: sivakim@ukr.net

Аннотация. Обоснован метод канонического усреднения для существенно нелинейных механических систем, близких к точно интегрируемым. При этом использование переменные "групп-действие", которые приняты в практике квантовомеханических расчётов. Проведен анализ движения гибкого вала с неуравновешенным диском/барабаном, симметрично расположенным относительно опор.

Итак, рассмотренный в данном исследовании случай колебаний гибкого вала с симметрично (относительно его опор) насыщенным диском/барабаном показывает, что нахождение общего решения нелинейной канонической системы сопряжено с довольно громоздкими выкладками при нахождении параметров самого канонического преобразования.

В ряде случаев, по-видимому, более простым способом решения может оказаться выполнения канонического преобразования по принципу усреднения.

Ключевые слова: *переменные "групп-действие", квантовая механика, каноническое усреднение, существенная нелинейность, механическая система*

Постановка проблемы. Известно [1–4], что для построения функции преобразования (производящей функции канонического преобразования) в тех случаях, когда уравнения Гамильтона-Якоби интегрируются в квадратурах, можно использовать идею асимметрических методов нелинейной механики и в частности, метод возмущений нелинейной механики, приведенный в классическом

© Ю. В. Човнюк, И. Н. Сивак, 2016

сочинении А. Пункаре [1], а также в работах [2, 3], где дано его математическое обоснование.

Цель исследований. В данной работе указанным выше методом исследованы движения гибкого вала с неуравновешенным диском/барабаном, симметрично расположенным относительно опор.

Результаты исследований. Положения диска/барабана можно определить декартовыми координатами центра тяжести $S'(x,y)$ и углом вращения. Функция Гамильтона для этого случая с точностью до величин второго порядка малости может быть записана в виде следующей суммы:

$$H = H_0 + \mu \cdot H_1, \quad 0 < \mu \ll 1, \quad (1)$$

где: $H_0 = \frac{P_1^2}{2m} + \frac{P_2^2}{2m} + \frac{P_3^2}{2mr^2} + \frac{1}{2}\alpha x^2 + \frac{1}{2}\alpha \cdot y^2$; $H_1 = -\alpha \varepsilon (x \cos \varphi + y \sin \varphi)$; α – прямая константа вала; ε – малый линейный эксцентриситет диска/барабана, характеризующий его статическую неуравновешенность; r – радиус инерции диска/барабана; m – его масса; (x,y) – пространственные координаты перпендикулярные и оси диска/барабана (Oz); $P_{1,2,3}$ – импульсы движения диска/барабана вдоль соответствующих осей ($Ox; Oy; Oz$)

Уравнение движения ротора можно записать так:

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = \frac{P_1}{m}; \quad \frac{dp_1}{dt} = -\alpha x + \alpha \varepsilon \cdot \cos \varphi; \quad \frac{dy}{dt} = \frac{P_2}{m}; \quad \frac{dp_2}{dt} = -\alpha y + \alpha \varepsilon \cdot \sin \varphi; \\ \frac{d\varphi}{dt} = \frac{P_3}{mr^2}; \quad \frac{dp_3}{dt} = -\alpha \varepsilon (y \cdot \cos \varphi - x \cdot \sin \varphi). \end{cases} \quad (2)$$

Вместо переменных (x,y,p_1,p_2) вводим новые переменные: "групп" (w_1, w_2) – "действие" (j_1, j_2) обычно используемые в квантовой механике, что позволяет записать следующие:

$$\begin{cases} x = \sqrt{\frac{j_1}{m\omega_k}} \cos W_1 + \sqrt{\frac{j_2}{m\omega_k}} \cos W_2; \\ y = \sqrt{\frac{j_1}{m\omega_k}} \sin W_1 + \sqrt{\frac{j_2}{m\omega_k}} \sin W_2; \\ p_1 = \sqrt{mj_1\omega_k} \sin W_1 - \sqrt{mj_2\omega_k} \sin W_2; \\ p_2 = \sqrt{mj_1\omega_k} \cos W_1 - \sqrt{mj_2\omega_k} \cos W_2. \end{cases} \quad (3)$$

В новых переменных невозмущенный гамильтониан H_0 зависит только от переменных j_n (действие):

$$H_0 = \omega_k \cdot (j_1 + j_2) + \frac{\varnothing^2}{2mr^2}, \quad \varnothing = p_3. \quad (4)$$

Возмущающая функция H_1 в новых переменных записывается так:

$$\mu H_1 = -\mu \cdot \alpha \cdot \varepsilon \cdot \left\{ \sqrt{\frac{j_1}{m\omega_k}} \cdot \cos(W_1 - \varphi) + \sqrt{\frac{j_2}{m\omega_k}} \cdot \cos(W_2 + \varphi) \right\} \quad (5)$$

Уравнения движения в новых переменных имеют вид:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dW_1}{dt} = \omega_k - \frac{\mu}{2} \cdot \frac{\varepsilon}{\sqrt{j_1 \cdot m \cdot \omega_k}} \cdot \cos(W_1 - \varphi); \\ \frac{dW_2}{dt} = \omega_k - \frac{\mu}{2} \cdot \frac{\varepsilon}{\sqrt{j_2 \cdot m \cdot \omega_k}} \cdot \cos(W_2 + \varphi); \\ \frac{dy}{dt} = \frac{\varphi}{mr^2} \\ \frac{dj_1}{dt} = \mu \varepsilon \sqrt{\frac{j_1}{m \omega_k}} \cdot \sin(W_1 - \varphi) \\ \frac{dj_2}{dt} = \mu \varepsilon \sqrt{\frac{j_2}{m \omega_k}} \cdot \sin(W_2 + \varphi) \\ \frac{d\varphi}{dt} = \mu \varepsilon \left\{ \sqrt{\frac{j_1}{m \omega_k}} \cdot \sin(W_1 - \varphi) + \sqrt{\frac{j_2}{m \omega_k}} \cdot \sin(W_2 + \varphi) \right\} \end{array} \right. \quad (6)$$

Из уравнений (6) следует, что координаты W_1, W_2, φ , в невозмущённом движении ($\varepsilon = 0$) являются циклическими, а в возмущённом движении ($\varepsilon \neq 0$) – "квазициклическими".

Для невозмущённого движения пишем:

$$j_1 = j_1^0 = C_1^*; j_2 = j_2^0 = C_2^*; \varphi = \varphi_0 = C_3^*; \quad (7)$$

$$W_1^0 = \omega_k \cdot t + \delta_1; W_2^0 = \omega_k \cdot t + \delta_2; \varphi = \frac{\varphi_0 \cdot t}{mr^2} + \delta_3 \quad (8)$$

Переходя к первоначальным переменным для невозмущённого движения, получим:

$$\left\{ \begin{array}{l} x_0 = \sqrt{\frac{C_1^*}{m \omega_k}} \cdot \cos(\omega_k \cdot t + \delta_1) + \sqrt{\frac{C_2^*}{m \omega_k}} \cdot \cos(\omega_k \cdot t - \delta_2); \\ y_0 = \sqrt{\frac{C_1^*}{m \omega_k}} \cdot \sin(\omega_k \cdot t + \delta_1) + \sqrt{\frac{C_2^*}{m \omega_k}} \cdot \sin(\omega_k \cdot t + \delta_2); \\ \varphi = \omega t + \delta_3 \end{array} \right. \quad (9)$$

$$\text{где: } \omega = \frac{\varphi_0}{mr^2} = \frac{C_3^*}{mr^2}.$$

Таким образом, невозмущённое движение гибкого вала представляет собой вращения с постоянной угловой скоростью ω , при котором центр тяжести S совершает малые колебания с частотой $\omega_k = \alpha/m$ около состояния равновесия.

Для нахождения производящей функции ($\hat{S}$) канонического преобразования методом возмущений, представляя S в виде разложения:

$$S' = S_0 + \mu S_1 + \mu^2 \cdot S_2 + \dots, \quad 0 < \mu \ll 1, \quad (10)$$

где: S_0 – производящая функция тождественного преобразования.

На основе [1–4] для определения S_1 получим уравнение:

$$\begin{aligned} & \frac{\partial S_1}{\partial(W_1 - 4)} \cdot (\omega_k - \omega) + \frac{\partial S_2}{\partial(W_2 + \varphi)} \cdot (\omega_k - \omega) = \\ & = \alpha \cdot \sqrt{\frac{j_2}{m \omega_k}} \cdot \cos(W_1 - 4) + \alpha \cdot \sqrt{\frac{j_1}{m \omega_k}} \cdot \cos(W_2 - 4). \end{aligned} \quad (11)$$

Решая его методом разделения переменных, получим для СИМ выражение:

$$S_1 = \frac{\delta_1 \cdot \varepsilon}{(1 - \frac{\omega}{\omega_k})} \cdot \sin(W_1 - \varphi) + \frac{\delta_2 \cdot \varepsilon}{(1 - \frac{\omega}{\omega_k})} \cdot \sin(W_2 - \varphi), \quad (12)$$

где: $\delta_1 = \sqrt{j_1 \cdot m \cdot \omega_k}$; $\delta_2 = \sqrt{j_2 \cdot m \cdot \omega_k}$.

На основании (8) запишем:

$$\begin{cases} W_1 = W_1^0 + \frac{m \cdot \omega_k \cdot \varepsilon}{2 \cdot \sqrt{j_1 \cdot m \cdot \omega_k}} \cdot \frac{1}{(1 + \frac{\omega}{\omega_k})} \cdot \sin(W_1^0 - \varphi); \\ W_2 = W_2^0 + \frac{m \cdot \omega_k \cdot \varepsilon}{2 \cdot \sqrt{j_2 \cdot m \cdot \omega_k}} \cdot \frac{1}{(1 + \frac{\omega}{\omega_k})} \cdot \sin(W_2^0 - \varphi); \end{cases} \quad (13)$$

Возвращаясь к первоначальным переменным, получим для возмущённого движения в первом приближении:

$$x = \sqrt{\frac{j_1}{m \cdot \omega_k}} \cdot \cos W_1^0 - \frac{\varepsilon}{\left(1 - \frac{\omega}{\omega_k}\right)} \cdot \sin W_1^0 \cdot \sin(W_1^0 - \varphi) + \sqrt{\frac{j_2}{m \cdot \omega_k}} \cdot \cos W_2^0 - \frac{\varepsilon}{\left(1 + \frac{\omega}{\omega_k}\right)} \cdot \sin W_2^0 \cdot \sin(W_2^0 + \varphi); \quad (14)$$

$$y = \sqrt{\frac{j_1}{m \cdot \omega_k}} \cdot \sin W_1^0 - \frac{\varepsilon}{\left(1 - \frac{\omega}{\omega_k}\right)} \cdot \sin W_1^0 \cdot \sin(W_1^0 - \varphi) + \sqrt{\frac{j_2}{m \cdot \omega_k}} \cdot \sin W_2^0 - \frac{\varepsilon}{\left(1 + \frac{\omega}{\omega_k}\right)} \cdot \sin W_2^0 \cdot \sin(W_2^0 + \varphi). \quad (15)$$

Указанный метод приближенного нахождения функции ($\hat{S}$) теряет смысл при $\omega = \omega_k$ (критическая частота вращения вала), так как один из знаменателей в вращениях (12)–(15) обращаясь при этом в нуль. Для нахождения функции преобразования ($\hat{S}$) в этом случае можно воспользоваться разложением по дробным степеням параметра μ :

$$\hat{S} = S_0 + \mu^{\frac{1}{2}} \cdot S'_1 + \mu \cdot S_2 + \dots \quad (16)$$

Выводы

Итак, рассмотренный в данном исследовании случай колебаний гибкого вала с симметрично (относительно его опор) насыщенным диском/барабаном показывает, что нахождение общего решения нелинейной канонической системы сопряжено с довольно громоздкими выкладками при нахождении параметров самого канонического преобразования (собственно функции $\hat{S}$).

В ряде случаев, по-видимому, более простым способом решения может оказаться выполнения канонического преобразования по принципу усреднения [2, 3].

Список литературы

1. Пункарь А. Избранные труды / А. Пункарь. – М.: Наука, 1972. – Т. 2. – 961 с.
2. Боголюбов Н. Н. О некоторых статистических методах в математической физике / Н. Н. Боголюбов. – К.: АН УССР, 1945. – 137 с.
3. Боголюбов Н. Н. Асимметрические методы в теории нелинейных колебаний / Н. Н. Боголюбов, Ю. А. Митропольский. – М.: Физмат, 1963. – 410 с.
4. Гробов В. А. Теория колебаний механических систем / В. А. Гробов. – К.: Вища школа, 1982. – 183 с.

References

1. Punkar', A. (1972). Yzbrannyye trudy [Selected works]. M.: Nauka, T. 2, 961.
2. Boholyubov, N. N. (1945). O nekotorykh statystycheskyykh metodakh v matematycheskoy fizyke [On some statistical methods in mathematical physics]. K.: AN USSR, 137.
3. Boholyubov, N. N., Mytropol'skiy, Yu. A. (1963). Asymetrycheskiye metody v teoryi nelyneynykh kolebaniy [Asymmetric methods in the theory of nonlinear oscillations]. M.: Fyzmat, 410.
4. Hrobov, V. A. (1982). Teoriya kolebaniy mekhanicheskikh sistem [Theory of oscillations of mechanical systems]. K.: Vyshcha shkola, 183.

«ГРОП-ДІЯ» В МЕТОДІ КАНОНІЧНОГО УСЕРЕДНЕННЯ ДЛЯ ІСТОТНО НЕЛІНІЙНИХ МЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ БЛИЗЬКИХ ДО ТОЧНО ІНТЕГРОВАНІХ

Ю. В. Човнюк, І. М. Сівак

Анотація. Обґрунтовано метод канонічного усереднення для істотно нелінійних механічних систем, близьких до точно інтегруємих. При цьому використанні змінні «групп-дія», що прийняті в практиці квантовомеханических розрахунків. Проведений аналіз руху гнучкого валу з неврівноваженим диском/барабаном, симетрично розташованих відносно опор.

Отже, розглянутий у даному дослідженні випадок коливань гнучкого валу з симетрично (щодо його опор) насиченим диском/барабаном показує, що знаходження загального розв'язку нелінійної канонічної системи пов'язане з досить громіздкими викладками при знаходженні параметрів самого канонічного перетворення.

У ряді випадків, мабуть, більш простим способом рішення може виявитися виконання канонічного перетворення за принципом усереднення.

Ключові слова: змінні «групп-дія», квантова механіка, канонічне усереднення, суттєва нелінійність, механічна система

«GROP-CANONICAL» METHOD OF AVERAGING FOR STRONGLY NON-LINEAR MECHANICAL SYSTEMS CLOSE TO EXACTLY INTEGRABLE

Yu. V. Chovnyuk, I. M. Sivak

Abstract. Justified the canonical method of averaging for strongly non-linear mechanical systems close to the exactly integrable. The use of variables group-action taken in the practice of quantum-mechanical calculations. The analysis of the movement of the flexible shaft with an unbalanced disc/drum, symmetrically located with respect to the supports.

So considered in this case study of the oscillations of the flexible shaft with symmetrically (relative to its supports) of the saturated disc/drum shows that finding a common solution of nonlinear canonical system involves rather cumbersome calculations when finding the parameters of the canonical transformations.

In some cases, apparently, more simple solution could be perform a canonical transformation on the principle of averaging.

Key words: *variable «grop-action», quantum mechanics, canonical averaging, significant nonlinearity, mechanical system*

УДК 635.82; 631.333.92

ВИБІР СТРУКТУРИ ЦЕХІВ ПО ВИРОБНИЦТВУ СУБСТРАТІВ ТА ВИРОЩУВАННЮ ГРИБІВ

**Г. А. Голуб, доктор технічних наук
Національний університет біоресурсів і
природокористування України**

**О. І. Кепко, кандидат технічних наук
Уманський національний університет садівництва
e-mail: gagolub@mail.ru**

Анотація. *Будь яке промислове виробництво передбачає отримання прибутку. Мінімізація інвестицій, в тому числі і за рахунок зменшення капіталовкладень в будівництво, безпосередньо впливає на термін окупності інвестицій, що збільшує прибутки. Метою досліджень в цій роботі є оцінка можливості зменшення капітальних витрат при будівництві підприємства з виробництва субстратів та вирощуванню грибів за рахунок оптимізації капітальних витрат на будівництво при поєднанні декількох технологічних операцій в одному приміщенні. Оцінка варіантів проводилась за умови однакової вартості будівельних матеріалів та нормативної вартості будівельно-монтажних робіт для всіх варіантів виробництв. Оцінка проводилась за критерієм оптимізації структури цеху, який характеризується відношенням необхідної кількості будівельних матеріалів до об'ємної продуктивності цеху по субстрату. Вихідними матеріалами для дослідження є дані технологічних карт з вирощування грибів. Аналіз результатів досліджень дозволяє зробити висновки, що кращими є варіанти реалізації структури цеху при одній споруді на кожен технологічну операцію. Але в умовах покрокового розвитку підприємства з виробництва, грибів може бути використана схема за якою пророщення міцелію і*

© Г. А. Голуб, О. І. Кепко, 2016

So considered in this case study of the oscillations of the flexible shaft with symmetrically (relative to its supports) of the saturated disc/drum shows that finding a common solution of nonlinear canonical system involves rather cumbersome calculations when finding the parameters of the canonical transformations.

In some cases, apparently, more simple solution could be perform a canonical transformation on the principle of averaging.

Key words: *variable «grop-action», quantum mechanics, canonical averaging, significant nonlinearity, mechanical system*

УДК 635.82; 631.333.92

ВИБІР СТРУКТУРИ ЦЕХІВ ПО ВИРОБНИЦТВУ СУБСТРАТІВ ТА ВИРОЩУВАННЮ ГРИБІВ

**Г. А. Голуб, доктор технічних наук
Національний університет біоресурсів і
природокористування України**

**О. І. Кепко, кандидат технічних наук
Уманський національний університет садівництва
e-mail: gagolub@mail.ru**

Анотація. *Будь яке промислове виробництво передбачає отримання прибутку. Мінімізація інвестицій, в тому числі і за рахунок зменшення капіталовкладень в будівництво, безпосередньо впливає на термін окупності інвестицій, що збільшує прибутки. Метою досліджень в цій роботі є оцінка можливості зменшення капітальних витрат при будівництві підприємства з виробництва субстратів та вирощуванню грибів за рахунок оптимізації капітальних витрат на будівництво при поєднанні декількох технологічних операцій в одному приміщенні. Оцінка варіантів проводилась за умови однакової вартості будівельних матеріалів та нормативної вартості будівельно-монтажних робіт для всіх варіантів виробництв. Оцінка проводилась за критерієм оптимізації структури цеху, який характеризується відношенням необхідної кількості будівельних матеріалів до об'ємної продуктивності цеху по субстрату. Вихідними матеріалами для дослідження є дані технологічних карт з вирощування грибів. Аналіз результатів досліджень дозволяє зробити висновки, що кращими є варіанти реалізації структури цеху при одній споруді на кожен технологічну операцію. Але в умовах покрокового розвитку підприємства з виробництва, грибів може бути використана схема за якою пророщення міцелію і*

© Г. А. Голуб, О. І. Кепко, 2016

вирощування грибів проводять у одному культивуційному приміщенні, тобто може бути запропонований варіант структурно-технологічної схеми, що передбачає поетапне введення в експлуатацію об'єктів виробництва з одержанням на кожному етапі товарної продукції.

Ключові слова: *гриби, культивуація грибів, пастеризація субстрату, кондиціювання субстрату, гідроліз соломи, міцелій*

Постановка проблеми. Першочерговим фактором становлення та розвитку підприємства з виробництва субстратів та вирощуванню грибів (печериць, гливи) є величина капітальних витрат, які залежать від структури підприємства. Структура підприємства в свою чергу визначається прийнятою технологією виробництва, необхідністю побудови спеціальних споруд для виконання головних технологічних операцій: замочування, гідроліз соломи; ферментація компосту; пастеризація та кондиціювання субстрату; пророщення міцелію; підготовка покривного ґрунту; культивуація (вирощування) грибів [6–11, 14].

Аналіз останніх досліджень. Раніше нами було розроблено метод вибору обладнання для створення мікроклімату в культивуаційних приміщеннях для вирощування грибів [4], описано динаміку температури субстрату та повітря в системі споруд "рослинна теплиця – грибниця" [5], розроблено порядок розрахунку основних конструктивних параметрів стелажів для вирощування гливи звичайної та печериць [2, 3], визначено рівень виробництва грибів в господарствах зерно-птахівничого напрямку шляхом оптимізації питомого прибутку при обмеженнях пов'язаних з необхідністю підтримання балансу гумусу, запропоновано замкнуті системи вентиляції споруд закритого ґрунту [1, 6, 13].

Однак принципів синтезу та критеріїв для вибору оптимальної структури підприємства для виробництва субстрату, компосту та грибів за критерієм оптимізації структури цеху, який характеризується відношенням необхідної кількості будівельних матеріалів до об'ємної продуктивності цеху по субстрату, авторами в останніх дослідженнях та публікаціях не виявлено.

Мета досліджень – оцінити можливість зменшення капітальних витрат при будівництві підприємства з виробництва субстратів та вирощуванню грибів за рахунок оптимізації капітальних витрат на будівництво. Вихідними матеріалами є дані технологічних карт з вирощуванню грибів [8, 9, 10]. Методика дослідження полягає в послідовному розгляді варіантів компонування приміщень з подальшим їх порівнянням з метою отримання варіантів з найменшими капітальними витратами на будівництво.

Результати досліджень. Операції технологічного циклу проводять у спеціальних спорудах де виконують одну або більше технологічних операцій. Поєднання технологічних операцій може змінюватися у відповідності до багатоваріантності структурно-технологічних схем цехів (рис. 1). Критерієм вибору оптимальної структури підприємства може бути прийнято відношення величини капітальних витрат до продуктивності цеху (грн добу/м³):

$$\frac{K}{P} = \rho \tau_i m^{-1} \sum_{i=1}^n K_i \rightarrow \min \quad (1)$$

де: ρ – густина субстрату, кг/м³; m – маса субстрату, кг; τ_i – найбільша тривалість циклу відповідного варіанту, діб; $\sum_{i=1}^n K_i$ – загальна вартість технологічних споруд (капітальних витрат) по відповідному варіанту структурно-технологічної схеми, грн.

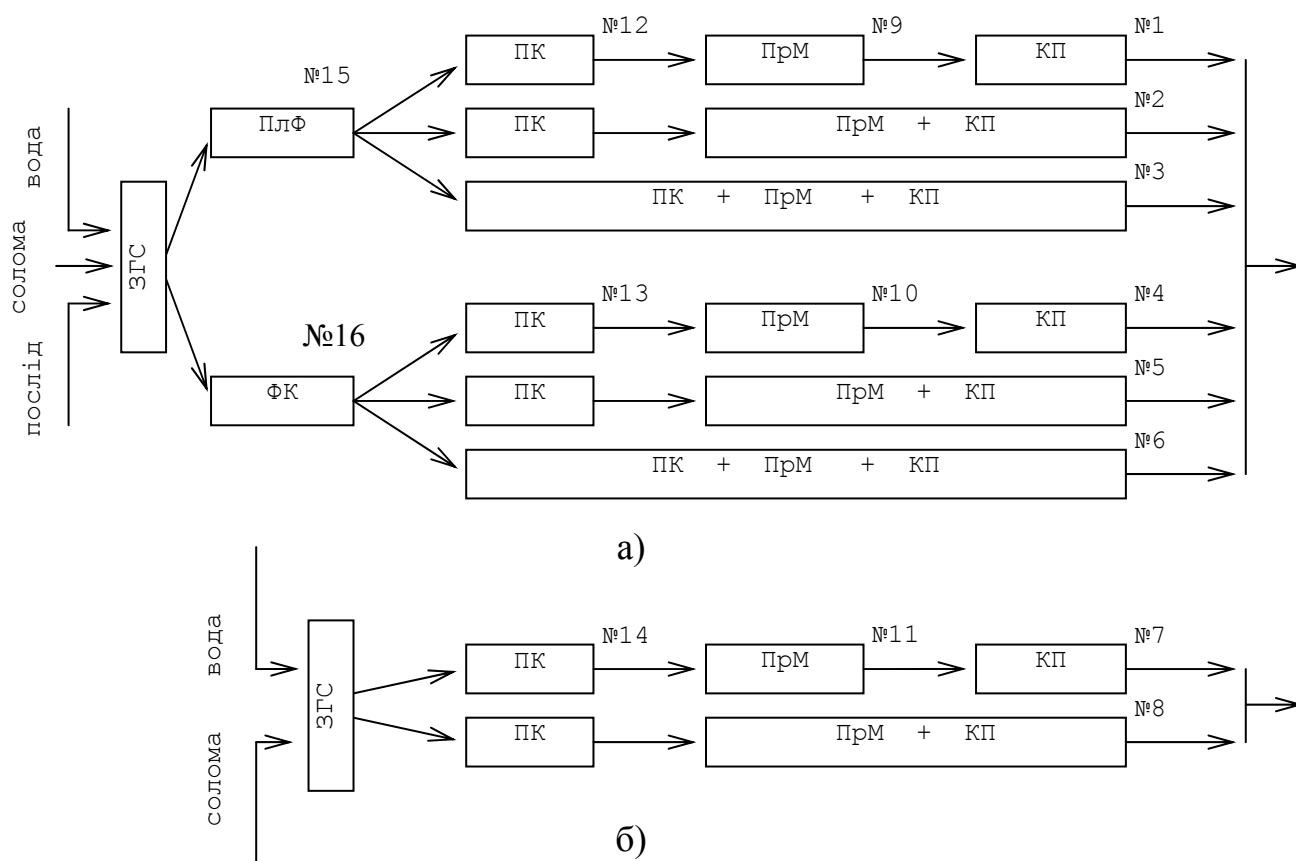


Рис. 1. Варіанти структурно-технологічних схем виробництва субстрату та вирощування печериці а) і гливи б): ЗГС – майданчик для замочування, гідролізу соломи; ПлФ – майданчик для ферментації компосту; ФК – камера для ферментації компосту; ПК – камера для пастеризації та кондиціювання субстрату; ПрМ – камера для пророщення міцелію; КП – культивуальне приміщення для вирощування грибів.

Оцінка по цьому критерію дозволяє визначити структурно-технологічну схему виробничого цеху, яка дасть змогу організувати виробництво субстратів та грибів при найменших капітальних витратах. Вартість споруд визначалась за узагальненими нормативами вартості основних будівельних матеріалів без урахування витрат на машини та обладнання, вартість набору яких у кожному варіанті структурно-технологічних схем приблизно однакова. Капітальні витрати на будівництво відповідної споруди цеху визначаються:

$$K_i = m \rho^{-1} \beta k \alpha_i^{-1} q_i \delta_i \quad (2)$$

де: k – вартість одного кубічного метра будівельних матеріалів (бетону), грн/м³; β – коефіцієнт збільшення капіталовкладень на проведення будівельно-монтажних робіт; α_i – коефіцієнт зменшення маси субстрату під час проведення операції технологічного циклу; q_i – коефіцієнт перерахування об'єму субстрату в площу елементів конструкції (огорожень) відповідної споруди, м²/м³; δ_i – товщина елементів конструкції відповідної споруди, м.

З урахуванням (2), критерій вибору структури цеху, рівняння (1), спрощується і зводиться до вигляду:

$$\frac{K}{\Pi} = \beta k \tau_i \sum_{i=1}^n \alpha_i^{-1} q_i \delta_i \quad (3)$$

Однакова ціна будівельних матеріалів та нормативна вартість будівельно-монтажних робіт для всіх варіантів виробництв дає можливість, згідно (3), скористатися новим критерієм оптимізації структури цеху, який характеризується відношенням необхідної кількості будівельних матеріалів до об'ємної продуктивності цеху по субстрату і визначається (м³·добу/м³):

$$\gamma_i = \tau_i \sum_{i=1}^n \alpha_i^{-1} q_i \delta_i \rightarrow \min. \quad (4)$$

Вихідні дані для розрахунку та аналізу варіантів структурно-технологічних схем виробництва субстрату та вирощування грибів приведені у табл. 1, а результати розрахунків – у табл. 2.

1. Вихідні дані для розрахунку варіантів структурно-технологічних схем виробництва субстратів та вирощування грибів

№ п.п.	Операція	Споруда	α_i	q_i	δ_i	τ_i	$\alpha_i^{-1} q_i \delta_i$
1	2	3	4	5	6	7	8
1.	Замочування, гідроліз соломи	Майданчик	0,4	2	0,2	7	1,0
2.	Ферментація компосту	– “ –	0,4	2,5	0,2	16,5	1,25
		(ФК) Камера	0,4	2,3	0,3	7	1,725

Продовження табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8
3.	Пастеризація та кондиціювання субстрату	– “ –	0,67	2,3	0,3	10	1,03
4.	Ферментація, пастеризація та кондиціювання субстрату	– “ –	0,4	2,3	0,3	14	1,725
5.	Пророщення міцелію	– “ –	0,9	2,3	0,3	13	0,767
6.	Пастеризація, кондиціювання субстрату та пророщення міцелію	– “ –	0,67	2,3	0,3	23	1,03
7.	Ферментація, пастеризація, кондиціювання субстрату та пророщення міцелію	– “ –	0,4	2,3	0,3	27	1,725
8.	Вирощування грибів	Культивацийне приміщення	1,0	8,0	0,4	49	3,2
9.	Пророщення міцелію та вирощування грибів	– “ –	0,9	8,0	0,4	62	3,556
10.	Пастеризація, кондиціювання субстрату, пророщення міцелію та вирощування грибів	– “ –	0,67	8,0	0,4	72	4,776

2. Розрахунок варіантів структурно-технологічних схем виробництва субстрату та вирощування грибів

№ варіанту	$\sum_{i=1}^n \alpha_i^{-1} q_i \delta_i$		T_i		Y_i		%
	*	**	*	**	*	**	
1	2	3	4	5	6	7	8
Виробництво грибів							
1	7,2	29	49	7	355	205	42
2	6,8	37	62	7	424	258	39
3	7,0	53	72	7	506	371	27
4	7,7	28	49	7	378	196	48
5	7,3	36	62	7	453	250	45
6	7,5	52	72	7	540	363	33
7	6,0	26	49	7	294	184	37
8	5,6	34	62	7	346	238	31
Виробництво субстрату з пророщенням міцелію							
9	4,0	6,8	18	7	67	48	28
10	4,5	5,6	13	7	59	39	33
11	2,7	7,7	27	7	74	54	27
Виробництво субстрату без пророщення міцелію							
12	3,3	5,4	18	7	54	38	30
13	3,8	4,2	10	7	38	29	22
14	2,7	4,5	14	7	38	31	18

Продовження табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8
Виробництво компосту							
15	2,3	3,9	16,5	7	37	28	26
16	2,7	2,7	7	7	19	19	0

* – по варіанту реалізації структури цеху при одній споруді на кожну технологічну операцію;

** – по варіанту реалізації структури цеху при одній споруді на декілька технологічних операцій.

Для кращої візуалізації результатів представимо зміну витрат по варіантам структур цеху при оптимальній кількості споруд на кожну технологічну операцію у вигляді графіка, представивши зміну витрат у відсотках (рис. 2).

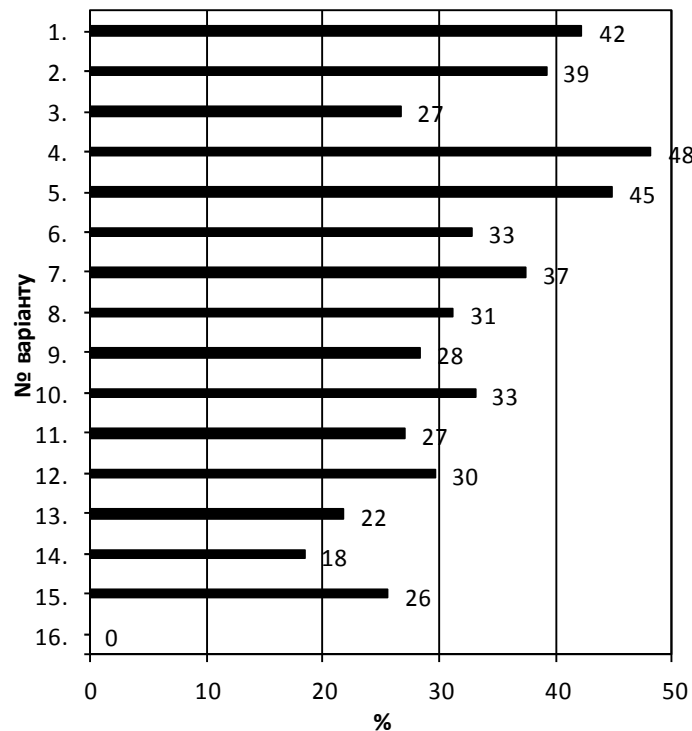


Рис. 2. Зміна витрат по варіантам структур цеху.

Висновки

Аналіз результатів досліджень дозволяє зробити висновки, що кращими є варіанти реалізації структури цеху при одній споруді на кожну технологічну операцію.

В умовах становлення галузі виробництва, грибів, при відсутності спеціальних машин, серед малих та фермерських господарств найбільшого поширення набуває схема, за якою пророщення міцелію і вирощування грибів проводять у одному культивацийному приміщенні.

При цьому субстрат, засіяний міцелієм запаковують у мішки чи спеціальні пакети, які розміщують на стелажах. Незважаючи на збільшення питомих капітальних витрат, така схема не потребує додержання жорстких санітарних умов і дещо зменшує ризик та втрати у разі пошкодження частини урожаю.

Оптимальний варіант структурно-технологічної схеми, що рекомендується до виробництва, передбачає поетапне введення в експлуатацію об'єктів виробництва і з одержанням на кожному етапі товарної продукції.

Так, введення в дію площадки замочування, гідролізу соломи та ферментаційної камери дозволяє розпочати виробництво компосту, який є товарною продукцією і тому може забезпечити подальше розширення цеху за рахунок самофінансування з поступовим переходом до виробництва грибів.

Список літератури

1. *Гірченко М. Т.* Замкнута система вентиляції споруд закритого ґрунту [Текст] / *М. Т. Гірченко, Г. А. Голуб, О. І. Кепко* // *Праці Таврійської державної агротехнічної академії*. – Мелітополь: ТДАТА, 2006. – Вип. 39. – С. 200–205.
2. *Голуб Г.* Конструктивні параметри стелажів для вирощування гливи звичайної [Текст] / *Г. Голуб* // *Техніка АПК*. – К.: – 2004. – № 8. – С. 18–19.
3. *Голуб Г.* Конструктивні параметри стелажів для вирощування печериць [Текст] / *Г. Голуб* // *Техніка АПК*. – К.: – 2005. – № 9. – С. 30–31.
4. *Голуб Г.* Мікроклімат споруд для вирощування грибів [Текст] / *Г. Голуб* // *Вісник аграрної науки*. – К.: – 2003. – № 10. – С. 46–49.
5. *Голуб Г. А.* Динамічні характеристики грибного приміщення в замкнутій системі вентиляції [Текст] / *Г. А. Голуб, О. І. Кепко* // *Електрифікація та автоматизація сільського господарства*. – 2004. – № 4(9). – С. 51–57.
6. *Голуб Г. А.* Основні принципи та технічні засоби для біоконверсії органічної сировини агроценозів [Текст] / *Г. А. Голуб, О. І. Кепко* // *Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технології для сільського господарства України: Збірник наукових праць / Укр. НДІ прогнозування та випробування техніки і технології для с.-г. виробництва імені Леоніда Погорілого (УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого); Редкол. В. В. Іванишин (гол. ред.) та ін.* – Дослідницьке, 2006. – Вип. 9 (23), кн. 2. – С. 59–70.
7. *Голуб Г. А.* Особливості біотехнологічного процесу виробництва субстрату для вирощування гливи [Текст] / *Г. А. Голуб, О. М. Гайдено, О. І. Кепко* // *Зб. наук. пр. Вінницького НАУ, серія тех. науки, вип. 7*, – Вінниця. – 2011. – С. 67–73.
8. *Голуб Г. А.* Технологічний процес виробництва компостів на основі пташиного посліду та соломи [Текст] / *Г. А. Голуб*. – К.: *Наук. світ.*, 2003. – 23 с. – Бібліогр.: С. 22. ISBN 966-675-218-2.
9. *Голуб Г. А.* Технологічний процес виробництва субстрату для вирощування печериць [Текст] / *Г. А. Голуб*. – К.: *Наук. світ.* – 2005. – 22 с. – Бібліогр.: с. 21. ISBN 966-675-363-4.
10. *Голуб Г. А.* Технологічний процес виробництва субстрату для вирощування гливи методом ферментації в пастеризаційній камері [Текст] / *Г. А. Голуб, Г. Л. Абросімова, О. М. Гайдено, О. І. Кепко, А. І. Томащук*. – К.: *Наук. світ.* – 2010. – 30 с. – Бібліогр.: С. 29. ISBN 978-966-675-626-1.

11. Голуб Г. А. Інженерія виробництва гливи. Монографія [Текст] / Г. А. Голуб, О. М. Гайденко, О. І. Кепко. – Кіровоград: СПД ФО Лисенко В.Ф., 2012. – 448 с. – Бібліогр.: С. 359. ISBN 978-966-2570-35-9.
12. Кепко О. І. Замкнуті системи опалення та вентиляції в закритому ґрунті. Монографія [Текст] / О. І. Кепко. – Візаві. – Умань., 2012. – 168 с. – Бібліогр.: С. 157. ISBN: 978-966-2643-48-0
13. Кепко О. І. Використання замкнутої системи опалення та вентиляції в спорудах закритого ґрунту [Текст] / О. І. Кепко, Г. А. Голуб, С. А. Вдовенко // Збірник наукових праць Вінницького державного аграрного університету. – Вінниця, 2007. – Вип. 31. – С. 49–52.
14. Патент 95739 Україна. МПК А01G 1/04 (2006). Лінія виробництва субстрату із соломи для вирощування грибів [Текст] / Голуб Г. А.; Лук'янець В. О.; Кепко О. І.; Гайденко О. М. (Україна) – № а201009495; Заявлено 29.07.2010; опубл. 25.08.2011. Бюл. № 16.

References

1. Hirchenko, M. T., Holub, H. A., Kepko, O. I. (2006). Zamknuta systema ventylyatsiyi sporud zakrytoho gruntu [Tekst] [Closed system ventilation facilities closed ground]. Works of Tavria State Agrotechnical Academy: Melitopol': TDATA, Vyp. 39. 200–205.
2. Holub, H. (2004). Konstruktyvni parametry stelazhiv dlya vyroshchuvannya hlyvy zvychnoyi [Tekst] [Design parameters of the racks for the cultivation of oyster mushroom]. Technique AIC. K.: 8, 18–19.
3. Holub, H. (2005). Konstruktyvni parametry stelazhiv dlya vyroshchuvannya pecheryts' [Tekst] [Design parameters of the racks for the cultivation of oyster mushroom]. Technique AIC. K.: 9, 30–31.
4. Holub, H. (2003). Mikroklimat sporud dlya vyroshchuvannya hrybiv [Tekst] [The microclimate of structures for growing mushrooms]. Bulletin of agricultural science. K.: 10, 46–49.
5. Holub, H. A., Kepko, O. I. (2004). Dynamichni kharakterystyky hrybnoho prymyshchennya v zamknutiy systemi ventylyatsiyi [Tekst] [The dynamic characteristics of the mushroom facilities in a closed system, ventilation]. Electrification and automation of agriculture, 4(9), 51–57.
6. Holub, H. A., Kepko, O. I. (2006). Osnovni pryntsypy ta tekhnichni zasoby dlya biokonversiyi orhanichnoyi syrovyny ahrotsenoziv [Tekst] [Basic principles and technical means for the bioconversion of organic raw materials agriculture]. Technical and technological aspects of the development and testing of new equipment and technologies for agriculture of Ukraine: Zbirnyk naukovykh prats' / Ukr. NDI prohnouzuvannya ta vyprobuvannya tekhniky i tekhnolohiyi dlya s.-h. vyrobnytstva imeni Leonida Pohoriloho (UkrNDIPVT im. L. Pohoriloho); Redkol. V. V. Ivanyshyn (hol. red.) ta in. Doslidnyts'ke, Vyp. 9 (23), kn. 2, 59–70.
7. Holub, H. A., Haydenko, O. M., Kepko, O. I. (2011). Osoblyvosti biotekhnolohichnoho protsesu vyrobnytstva substratu dlya vyroshchuvannya hlyvy [Tekst] [Features the biotechnological production process of substrate for growing oyster mushrooms]. Zb. nauk. pr. Vinnyts'koho NAU, seriya tekhn. nauky, vyp. 7, Vinnytsya, 67–73.
8. Holub, H. A. (2003). Tekhnolohichnyy protses vyrobnytstva kompostiv na osnovi ptashynoho poslidu ta solomy [Tekst] [The technological process of production of compost based on bird droppings and straw]. K.: Nauk. svit., 23, Bibliohr.: 22. ISBN 966-675-218-2.

9. Holub, H. A. (2005). Tekhnolohichnyy protses vyrobnytstva substratu dlya vyroshchuvannya pecheryts' [Tekst] [The manufacturing process of the substrate for growing mushrooms]. K.: Nauk. Svit, 22, Bibliohr.: 21. ISBN 966-675-363-4.
10. Holub, H. A., Abrosimova, H. L., Haydenko, O. M., Kepko, O. I., Tomashchuk, A. I. (2010). Tekhnolohichnyy protses vyrobnytstva substratu dlya vyroshchuvannya hlyvyv metodom fermentatsiyi v pasteryzatsiyui kameri [Tekst] [The manufacturing process of the substrate for growing oyster mushrooms by fermentation in pasteryzation camera]. K.: Nauk. Svit, 30, Bibliohr.: 29. ISBN 978-966-675-626-1.
11. Holub, H. A., Haydenko, O. M., Kepko, O. I. (2012). Inzheneriya vyrobnytstva hlyvyv. Monohrafiya [Tekst] [Engineering of oyster production. Monograph]. Kirovohrad: SPD FO Lysenko V.F., 448, Bibliohr.: 359. ISBN 978-966-2570-35-9.
12. Kepko, O. I. (2012). Zamknuti systemy opalennya ta ventylyatsiyi v zakrytomu grunti. Monohrafiya [Tekst] [Closed systems of heating and ventilation in greenhouses. Monograph]. Vizavi. Uman'. 168, Bibliohr.: 157. ISBN: 978-966-2643-48-0.
13. Kepko, O. I., Holub, H. A., Vdovenko, S. A. (2007). Vykorystannya zamknutoyi systemy opalennya ta ventylyatsiyi v sporudakh zakrytoho gruntu [Tekst] [The use of a closed system of heating and ventilation in buildings protected ground]. Collection of Scientific Works of Vinnytsia State Agrarian University. Vinnytsya, Vyp. 31, 49–52.
14. Patent 95739 Ukrayina. MPK A01G 1/04 (2006). Liniya vyrobnytstva substratu iz solomy dlya vyroshchuvannya hrybiv [Tekst] [Production line substrate of straw for growing mushrooms] / Holub, H. A.; Luk"yanets', V. O.; Kepko, O. I.; Haydenko, O. M. (Ukrayina). № a201009495; Zayavleno 29.07.2010; opubl. 25.08.2011. Byul. № 16.

ВЫБОР СТРУКТУРЫ ЦЕХОВ ПО ПРОИЗВОДСТВУ СУБСТРАТОВ И ВЫРАЩИВАНИЮ ГРИБОВ

Г. А. Голуб, А. И. Кепко

Аннотация. Любое промышленное производство предусматривает получение прибыли. Минимизация инвестиций, в том числе и за счет уменьшения капиталовложений в строительство, непосредственно влияет на срок окупаемости инвестиций, увеличивает прибыли. Целью исследований в этой работе является оценка возможности уменьшения капитальных затрат при строительстве предприятия по производству субстратов и выращиванию грибов за счет оптимизации капитальных затрат на строительство при сочетании нескольких технологических операций в одном помещении. Оценка вариантов проводилась при одинаковой стоимости строительных материалов и нормативной стоимости строительно-монтажных работ для всех вариантов производств. Оценка проводилась по критерию оптимизации структуры цеха, которая характеризуется отношением необходимого количества строительных материалов в объемной производительности цеха по субстрату. Исходными материалами для исследования являлись данные технологических карт по выращиванию грибов. Анализ результатов исследований позволяет сделать выводы,

что лучшими есть варианты реализации структуры цеха при одном здании на каждую технологическую операцию. Но в условиях поэтапного развития предприятия по производству, грибов может быть использована схема по которой проращивания мицелия и выращивание грибов проводят в одном культивационных помещении, то есть может быть предложен вариант структурно-технологической схемы, предусматривающей поэтапное введение в эксплуатацию объектов производства с получением на каждом этапе товарной продукции.

Ключевые слова: грибы, культивация грибов, пастеризация субстрата, кондиционирования субстрата, гидролиз соломы, мицелий

SELECTION OF PLANTS FOR PRODUCTION OF SUBSTRATES AND CULTIVATION OF MUSHROOMS

G. A. Golub, O. I. Kepko

Abstract. Any industrial production implies a profit. Minimizing investment, including by reducing investment in construction, directly affects the payback period of investment that increases profits. The goal of research in this paper is to assess the possibility of reducing the capital costs of building enterprise for the production of substrates and mushroom cultivation by optimizing capital costs for construction of the combination of several technological operations in one place. Evaluation of options held under conditions of equal value building materials and standard cost of construction works for all of your productions. The valuation was performed by the criterion of optimizing the structure of the workshop, which is characterized by the ratio of the required number of building materials to bulk plant productivity on the substrate. The starting materials for research are data flow charts for growing mushrooms. Analysis of the results of research to draw conclusions that are preferred embodiments of the structure of the plant at one building for each technological operation. But in a step-wise development of enterprises producing fungi can be used for the scheme which germination mycelium and mushroom cultivation is carried out in a cultivation room that can be offered the option of structural and technological scheme, which provides for the phased commissioning of production facilities to afford to each stage of commodity production.

Key words: mushrooms, cultivation of mushrooms, pasteurized substrate conditioning substrate hydrolysis straw mycelium

ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ВИРОБНИЦТВА БУРЯКІВ ЦУКРОВИХ

***М. П. Волоха, кандидат технічних наук
Національний авіаційний університет
e-mail: volmp@i.ua***

Анотація. Проведено аналіз можливості комплексного дослідження технології виробництва буряків цукрових шляхом розробки та застосування імітаційних моделей. Дослідження параметрів технологічних процесів виробництва буряків цукрових пропонується проводити за методом агентного імітаційного моделювання, що дозволяє моделювати технологічний процес на різних рівнях агрегації показників на основі єдиного методологічного підходу. Статистики моделювання у вигляді множини значень параметрів і їх подальше оброблення статистичними методами дозволяють провести аналіз зв'язків між величинами параметрів. У кінцевому підсумку результати моделювання використовуються для прийняття рішення про вибір оптимального варіанта з множини допустимих з урахуванням критерію, який виражає ефективність ТП.

Метою моделювання технологічних процесів виробництва буряків цукрових є підвищення їх продуктивності за рахунок визначення та обґрунтування оптимальних параметрів. Дослідження технологічних процесів на основі імітаційного, зокрема агентного моделювання, як одного із його видів, дозволяє взаємозв'язки, виділити техніко-економічні показники, оцінити вплив на прибутковість, визначити напрямки розвитку та шляхи вдосконалення техніко-технологічної бази галузі буряківництва.

Ключові слова: моделювання, буряки цукрові, технологічний процес, технічний засіб, робочий орган

Постановка проблеми. Особливості технологічних процесів (ТП) виробництва буряків цукрових (БЦ), їх складна ймовірнісно-статистична природа, дозволяють застосувати метод статистичних випробувань в якості одного з основних методів дослідження, коли враховується сукупність випадкових і не випадкових факторів, які складно дослідити аналітичними методами.

Метод статистичних випробувань відрізняється тим, що експериментальне вирішення завдання в польових або лабораторних умовах замінюється серією послідовно паралельних дій над випадковими числами за певною схемою, що забезпечує

© М. П. Волоха, 2016

адекватність моделі та при необхідності може замінити методи моделювання «чорного ящика». При цьому відпадає потреба в описі комплексу характеристик вихідних ознак. Заміна аналітичних виразів деяким моделюючим алгоритмом дозволяє враховувати велике число взаємодіючих і важко контрольованих випадкових за характером змінних впливів, що визначають хід протікання ТП.

Таким чином, в певному середовищі здійснюється моделювання експерименту. При цьому є можливим:

а) уникати труднощів, пов'язаних з організацією та проведенням багатофакторного натурного експерименту, скоротивши час на проведення досліджень;

б) використовувати схему активного експерименту, а також багаторазово, протягом невеликого часу, відтворювати досліди, зберігаючи постійними або варіюючи параметрами змінюваних факторів при реалізації схеми і моделі відповідно до цілей експериментального дослідження.

Отже, розробка загальних принципів моделювання ТП вирощування і збирання БЦ з урахуванням ймовірнісної природи умов функціонування робочих органів (РО), є актуальною.

Аналіз останніх досліджень. Технологічні операції виробництва БЦ слід розглядати як складні системи, які характеризуються наступними ознаками [1, 2]:

- велика кількість взаємопов'язаних між собою підсистем та елементів;

- наявність достатньої кількості різноманітних зв'язків та відношень;

- різноманітність цілей та вимог окремих ланок ТП;

- інваріантність структури;

- неоднорідність фізичної природи, гетерогенність.

Загальний підхід до оцінювання продуктивності виробництва БЦ передбачає виділення критеріїв оцінювання та змінних, які впливають на остаточне значення оцінки. Складність виробничих процесів унеможлиблює оцінку виробництва лише за допомогою одного критерію, тому використовується багатокритеріальний підхід [3]. Наведені показники відображають різні аспекти ТП і, у загальному вигляді, залежать від певного набору технологічних змінних. Технологічні змінні потребують постійного контролю, регулювання та впливають на визначення показників ефективності. Попри це прийняття рішень з технології повністю ґрунтується на попередньому досвіді та експертних оцінках [4, 5], а ТП розглядаються відокремлено, параметри РО досліджуються експериментально в умовах жорстких обмежень [6, 7], моделювання здійснюється, як правило, при великій кількості припущень і

спрямоване на опис фізичних процесів окремих операцій, що складають ТП [8, 9].

Метою досліджень є підвищення ефективності та якості технологічних процесів виробництва буряків цукрових на основі використання методів агентного імітаційного моделювання.

Результати досліджень. Метод імітаційного моделювання полягає в тому, що досліджувана система замінюється сконструйованою моделлю, яка з достатньою точністю описує реальну систему, та з якою проводяться експерименти з метою отримання інформації про цю систему. Складові частини імітаційної моделі – це структура системи, тобто сукупність описів елементів і зв'язків між ними; засоби відтворення поведінки системи; властивості середовища, в якому функціонує досліджувана система. Зазначена інформація в цілому носить логіко-математичний характер і представляється у формі сукупності алгоритмів, що описують динаміку функціонування системи.

В основі імітаційного моделювання лежить методологія системного аналізу. Вона дозволяє здійснити дослідження проекрованої або аналізованої системи за схемою операційного дослідження, яка включає наступні взаємопов'язані етапи: змістовна постановка задачі; розробка концептуальної моделі; розробка та програмна реалізація імітаційної моделі; перевірка адекватності моделі та оцінка точності результатів моделювання; планування експериментів; прийняття рішень. Зважаючи на це, імітаційне моделювання можна використовувати як універсальний підхід для прийняття рішень в умовах невизначеності та для врахування в моделях факторів, які складно формалізуються, а також застосовувати на практиці основні принципи системного підходу при вирішенні багатьох прикладних задач.

Особливим видом імітаційного моделювання є агентне моделювання. Агент являє собою активний інформаційний об'єкт, яким може позначатись суб'єкт господарської діяльності, технологічний пристрій, організація, населений пункт і т.д. Залежно від того, який об'єкт являє собою агент, модель може відповідати високому рівню абстракції, середньому, низькому або поєднувати кілька рівнів. Таким чином, ця парадигма моделювання є найбільш універсальною.

Основною відмінністю агентного підходу є побудова моделі за принципом знизу вгору. Залежності між агрегованими величинами не задаються виходячи з експертних знань про реальний світ, а виходять з процесу моделювання індивідуальної поведінки багатьох агентів, їх взаємодії один з одним і з об'єктами, які моделюють навколишнє середовище. Наприклад, дослідження виробництва

буде відбуватися не в поняттях готової продукції, а в моделі будуть закладені можливі реакції окремого виробничого процесу і окремого виконавця на зміну умов і завдань виробництва. У агентів є можливість обмінюватися інформацією, впливаючи на поведінку один одного саме цим. Модель може враховувати просторові характеристики, взаємне розташування агентів по відношенню один до одного та об'єктів навколишнього середовища. До переваг агентного підходу відноситься [10]:

- відсутність зумовленості в поведінці системи на глобальному рівні, що може призвести до появи нових гіпотез про її функціонування в ході симуляції моделі;

- реалізм і гнучкість в описі системи, можливість моделювати найскладніші нелінійні зворотні зв'язки, використовувати будь-який необхідний рівень деталізації і абстракції.

У агентному підході можливе використання гетерогенних елементів моделі; з'являється можливість моделювання обміну інформацією.

До перешкод для побудови агентної моделі слід віднести, по-перше, відсутність адекватних даних. Як правило, зібрати експертну інформацію за характеристиками індивідуальних об'єктів складніше, ніж за агрегованими показниками. По-друге, необхідність визначення логіки поведінки окремого агента в термінах, придатних для машинної обробки. У процесі імітаційного моделювання можуть виникнути потреби у значних обчислювальних ресурсах для виконання програмної симуляції.

Для представлення можливих дій агента та його взаємодії із зовнішнім середовищем необхідно мати інструмент, який дозволяє у формальному вигляді описувати поведінку агента. Формальна архітектура агента задається через опис середовища, в якому функціонує агент, сприйняття агентом цього середовища та його діями [11]. Позначимо зовнішнє середовище агента за допомогою множини станів S . Можливі дії агента описуються за допомогою множини дій A . Абстрактно агент може представлятися як функція:

$$g_s : S \rightarrow A,$$

тобто вибір конкретної дії із множини можливих дій агент здійснює на основі поточного стану зовнішнього середовища $s_i \in S$. При цьому дії агента можуть впливати на середовище, але не контролювати його повністю.

Для представлення агента зручно використовувати модель сприйняття зовнішнього середовища. Для цього вводиться множина можливих сприйняття P та функція $f : S \rightarrow P$, яка описує, у який спосіб певні стани середовища сприймаються агентом. Тоді агент представляється за допомогою функції:

$$g_p : P \rightarrow A,$$

тобто дія агента визначається у загальному випадку поточним сприйняттям стану зовнішнього середовища $p_j \in P$.

Модель агента із сприйняттям еквівалентна базовій. Проте вона дозволяє ввести наступну додаткову властивість агента: різні стани середовища можуть однаково сприйматися і навпаки – один стан може по-різному сприйматися агентом. Іншим варіантом рішення задачі включення попередніх дій при виборі поточної дії є введення поняття стану агенту. При цьому вважається, що агент має певні внутрішні структури даних, які він модифікує в залежності від сприйняття поточного стану зовнішнього середовища, та на основі отриманих результатів обирає дію. Для формалізації цього процесу вводиться множина I внутрішніх станів агента та функція оновлення внутрішнього стану, яка відповідає за оновлення внутрішнього стану у відповідності до поточного сприйняття середовища:

$$h : I \times P \rightarrow I.$$

Тоді агент описується за допомогою функції:

$$g_i : I \rightarrow A,$$

тобто дія обирається на основі поточного стану агента. Для коректного опису поведінки агента із станом необхідно визначати початковий стан i_0 .

Агент, який обирає дію на основі поточного сприйняття, ігноруючи всю історію попередніх сприйняття, є простим рефлексним агентом. Такий тип агентів є достатньо простим. У багатьох випадках для успішного функціонування агента можуть знадобитися знання двох видів. З одного боку, це інформація про те, як середовище змінюється незалежно від агента. З іншого боку, це знання про те, як власні дії агента впливають на середовище. Агент, який використовує такі знання про існування зовнішнього середовища, є рефлексним агентом, заснованим на моделі. Для реалізації запропонованого підходу розроблено два типи агентів: «агрегат» та «ґрунт», а зовнішнє середовище описується як сукупність некерованих агрокліматичних факторів. Агрегат реалізується як послідовно взаємодіюча низка машин та робочих органів, кожний з яких реалізується окремим агентом.

У процесі розроблення імітаційної моделі виділяються наступні взаємопов'язані етапи:

- визначення цілей моделювання;
- розробка концептуальної моделі;
- розробка програмної реалізації імітаційної моделі;
- перевірка здійсненності вимог до моделі;
- планування і проведення експериментів;
- аналіз результатів моделювання.

Цілі моделювання визначаються цілями дослідження, які полягають в модернізації функціонуючої технологічної системи з урахуванням її ефективності. Показником ефективності є перевищення корисності пропонованого варіанта системи над вартістю створення й експлуатації цього варіанта. Проте визначити ефект у повному обсязі, як правило, не вдається, оскільки він проявляється не тільки безпосередньо, як результат функціонування пропонованого варіанта системи, а й опосередковано, як результат функціонування інших систем, з якими пов'язана досліджувана система. Більш простим є поняття техніко-економічної ефективності, яке включає витрати і вимірювані характеристики системи: продуктивність, надійність і т.д. Таким чином, цілі моделювання полягають, по-перше, у визначенні працездатного варіанта комплексу технічних засобів ТП виробництва буряків цукрових, у якому вихідні параметри задовольняють заданим обмеженням і, по-друге, у визначенні оптимального варіанта системи з точки зору заданого критерію ефективності.

Для досягнення будь-якої з зазначених цілей необхідно визначити внутрішні параметри, зміна значень яких забезпечує необхідні значення вихідних параметрів. Технологічний процес при цьому подається одним з видів алгоритму, що визначає, які операції, в якій послідовності і за допомогою яких ресурсів необхідно виконати для досягнення системою заданого цільового стану. Сукупність алгоритмів, що відображають реалізацію всіх виділених у системі технологічних процесів, є по суті імітаційної моделлю досліджуваної системи. Планування та проведення експериментів реалізується з метою отримання статистик моделювання, обробка яких дозволяє визначити шукані параметри. Основне завдання планування експериментів з імітатором полягає в отриманні всієї необхідної інформації про об'єкт моделювання при мінімальних або обмежених витратах ресурсів комп'ютера на реалізацію процесу моделювання.

Метою експерименту є вивчення впливу змінної x (фактору) на змінну y (реакцію). Кожному фіксованому набору рівнів факторів відповідає певна точка в багатовимірному факторному просторі. Положення точки у факторному просторі визначається набором рівнів факторів $(x_1, x_2, \dots, x_k)$ і значенням реакції y , яка зв'язується з набором рівнів за допомогою функції реакції Ψ :

$$y = \Psi(x_1, x_2, \dots, x_k).$$

Функція $\Psi(x_1, x_2, \dots, x_k)$ часто одається у вигляді полінома ступеня d від k факторів:

$$y = \hat{b}_0 + \sum_{1 \leq i \leq k} \hat{b}_i x_i + \sum_{1 \leq i, j \leq k} \hat{b}_{ij} x_i x_j + \dots + \sum_{1 \leq i_1, i_2, \dots, i_k \leq k} b_{i_1, i_2, \dots, i_k} x_1^{i_1} x_2^{i_2} \dots x_k^{i_k},$$

де: $\sum_{1 \leq j \leq k} i_j = d$.

Цей поліном має $C_{d+k}^d = \frac{(d+k)!}{d!k!}$ коефіцієнтів, які необхідно визначити на основі результатів експериментів.

Слід зауважити, що фактори мають різні одиниці виміру і діапазон зміни. Для утворення поєднань таких факторів необхідно попередньо провести операцію масштабування, для чого використовується перетворення:

$$\hat{x}_i = \frac{x_i - x_{i0}}{\Delta x_i} \quad (i \in \overline{1, k}),$$

де: $\hat{x}_i$ – масштабований рівень i -го фактора; x_i – натуральний рівень i -го фактора; а Δx_i визначається виразом:

$$\Delta x_i = \frac{x_{i \max} - x_{i \min}}{2}.$$

Після складання плану експериментів з моделлю системи, для реалізації цього плану необхідно зібрати результати експериментів у вигляді певних статистик моделювання і організувати їх оброблення відповідно до мети моделювання. Оброблені результати подаються в заданому вигляді досліднику або особі, що приймає рішення.

Вибір методів оброблення здійснюється з обов'язковим урахуванням наступних особливостей експериментів з моделями систем. По-перше, експерименти з імітаційною моделлю дозволяють отримувати вибірки досить великого обсягу для кількісної оцінки характеристик технологічного процесу. По-друге, складність технологічного процесу передпосівного обробітку та сівби не дозволяє апріорі висловити досить обґрунтоване судження про закон розподілу вихідних характеристик системи. По-третє, агентна архітектура моделі ТП зумовлює можливість роздільного дослідження окремих частин.

На основі аналізу результатів моделювання уточнюються параметри моделі, що призводить до корекції концептуальної моделі. До аналізу результатів моделювання належить завдання аналізу чутливості моделі до варіацій її параметрів. Зокрема, перевіряється стійкість вихідних параметрів до можливих змін параметрів системи і зовнішнього середовища.

Адекватність моделі можна виявити на підставі оцінки її відповідності поставленій задачі. Це означає, що поняття адекватності моделі як абстрактної категорії, не пов'язаної з поставленим завданням, позбавлене сенсу.

Статистики моделювання у вигляді множини значень параметрів і їх подальше оброблення статистичними методами дозволяють провести аналіз зв'язків між величинами параметрів. У кінцевому підсумку результати моделювання використовуються для

прийняття рішення про вибір оптимального варіанта з множини допустимих з урахуванням критерію, який виражає ефективність ТП.

Висновок. Метою моделювання технологічних процесів виробництва буряків цукрових є підвищення їх продуктивності за рахунок визначення та обґрунтування оптимальних параметрів. Дослідження технологічних процесів на основі імітаційного, зокрема агентного моделювання, як одного із його видів, дозволяє визначити технологічні змінні, їх взаємовідносини та взаємозв'язки, виділити техніко-економічні показники, оцінити вплив на прибутковість, визначити напрямки розвитку та шляхи вдосконалення техніко-технологічної бази галузі буряківництва.

Список літератури

1. Волоха М. П. Моделювання технологічних процесів підготовки ґрунту і насіння до сівби цукрових буряків / М. П. Волоха // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. – Кіровоград: КНТУ, 2013. – Вип. 43, ч. 1. – С. 246–252.
2. Ладанюк А. П. Системний аналіз складного об'єкта в задачах діагностики та координації [Електронний ресурс] / А. П. Ладанюк, Л. О. Власенко, Н. А. Заєць. – Режим доступу: http://dSPACE.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/1076/1/Sist_anTK.pdf.
3. Volokha M. Simulation technology of sugar beet / M. Volokha, L. Boldyrieva // Вісник Національного авіаційного університету. – К. : НАУ, 2014. Т. 61. – № 4. – Режим доступу: <http://jrn1.nau.edu.ua/index.php/visnik/article/view/7604/8730>.
4. Роїк М. В. Ефективність механізованих технологій вирощування та збирання цукрових буряків / М. В. Роїк, М. П. Волоха, П. О. Войтюк, А. В. Фурса // Вісник аграрної науки. – К., 2000. – № 4. – С. 43–46.
5. Сінченко В. М. Управління формуванням продуктивності цукрових буряків : монографія / В. М. Сінченко. – К.: ТОВ «Нілан-ЛТД», 2012. – 582 с.
6. Башкирев А. П. Сравнительная оценка экспериментального и серийного выкапывающих рабочих органов / А. П. Башкирев, В. А. Семькин // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – № 1. – 2007. – С. 40–41.
7. Кушнарєв А. Использование методов математического (имитационного) моделирования при разработке конструктивных и технологических параметров высевающего аппарата / А. Кушнарєв, Е. Сербий, С. Кушнарєв, В. Шейченко // Техніка АПК. – № 3–4. – 2008. – С. 11–15.
8. Бублик Н. И. Качество уборки в зависимости от условий и типа свеклоуборочных машин / Н. И. Бублик, Н. М. Зуев // Сахарная свекла. – № 9. – 1985. – С. 5–7.
9. Нанаєнко А. К. Приемы математического описания технологий в растениеводстве / А. К. Нанаєнко // Техника в сельском хозяйстве. 2002. – № 1. – С. 11–14.
10. Карпов Ю. Г. Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic 5. С-Петербург: БХВ-Петербург, 2006.
11. Wooldridge M. J. Intelligent Agents // Multiagent Systems. – 2001. – P. 27–79.

References

1. Volokha, M. P. (2013). Modelyuvannya tekhnolohichnykh protsesiv pidhotovky gruntu i nasinnya do sivby tsukrovykh buryakiv [Modeling of technological processes

- of preparation of soil and seeds for planting sugar beet]. Design, production and operation of agricultural machinery. Kirovohrad: KNTU, Vyp. 43, ch. 1, 246–252.
2. *Ladanyuk, A. P., Vlasenko, L. O., Zayets', N. A.* (2016). Systemnyy analiz skladnoho ob'yekta v zadachakh diahnostyky ta koordynatsiya [Elektronnyy resurs] [System analysis of a complex object in the diagnostics and coordination]. Rezhym dostupu: http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/1076/1/Sist_anTK.pdf.
 3. *Volokha, M., Boldyrieva, L.* (2014). Simulation technology of sugar beet. Visnyk Natsional'noho aviatsiynoho universytetu. K. : NAU, T. 61, 4. Rezhym dostupu: <http://jrn1.nau.edu.ua/index.php/visnik/article/view/7604/8730>.
 4. *Royik, M. V., Volokha, M. P., Voytyuk, P. O., Fursa, A. V.* (2000). Efektyvnist' mekhanizovanykh tekhnolohiy vyroshchuvannya ta zbyrannya tsukrovykh buryakiv [The efficiency of the mechanized technology of cultivation and harvesting of sugar beet]. Bulletin of agricultural science. K., 4, 43–46.
 5. *Sinchenko, V. M.* (2012). Upravlinnya formuvannyam produktyvnosti tsukrovykh buryakiv : monohrafiya [Manage the productivity formation of sugar beet : monograph]. K.: TOV «Nilan-LTD», 582.
 6. *Bashkyrev, A. P., Semykyn, V. A.* (2007). Sravnytel'naya otsenka eksperymental'noho y seryynoho vykapyvayushchykh rabochoykh orhanov [Comparative evaluation of experimental and commercial workers digging up bodies]. Tractors and agricultural machines, 1, 40–41.
 7. *Kushnarev, A., Serbyy, E. S. Kushnarev, Sheychenko, V.* (2008). Ispol'zovanye metodov matematycheskoho (ymytatsyonnoho) modelyrovannya pry razrabotke konstruktyvnykh y tekhnolohycheskykh parametrov vysevayushcheho aparata [The use of methods of mathematical (simulation) modeling in the development of constructive and technological parameters of the sowing unit]. Technique AIC, 3–4, 11–15.
 8. *Bublyk, N. Y., Zuev, N. M.* (1985). Kachestvo uborky v zavysymosti ot uslovyy y tipa sveklouborochnykh mashyn [The quality of cleaning depending on conditions and the type of beet harvesting machines]. Sugar beet, 9, 5–7.
 9. *Nanaenko, A. K.* (2002). Pryemy matematycheskoho opysannya tekhnolohyy v rastenyevodstve [Methods of mathematical descriptions of the technologies in crop production]. Equipment in agriculture, 1, 11–14.
 10. *Karpov, Yu. H.* (2006). Imytatsyonnoe modelyrovanye system. Vvedeniye v modelyrovanye s AnyLogic 5 [Simulation systems. Introduction to modeling with AnyLogic 5]. S-Peterburh: BKhV-Peterburh, 20.
 11. *Wooldridge, M. J.* (2001). Intelligent Agents // Multiagent Systems, 27–79.

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРОИЗВОДСТВА САХАРНОЙ СВЕКЛЫ

М. П. Волоха

Аннотация. Проведен анализ возможности комплексного исследования технологии производства сахарной свеклы путем разработки и применения имитационных моделей. Исследование параметров технологических процессов производства сахарной свеклы предлагается проводить методом агентного имитационного моделирования, что позволяет моделировать технологический процесс на разных уровнях агрегации показателей на основе единого методологического подхода. Статистики моделирования в виде множества значений

параметров и их последующей обработки статистическими методами позволяют провести анализ связей между величинами параметров. В конечном итоге результаты моделирования используются для принятия решения о выборе оптимального варианта из множества допустимых с учетом критерия, который выражает эффективность ТП. Целью моделирования технологических процессов производства сахарной свеклы является повышение их производительности за счет определения и обоснования оптимальных параметров. Исследования технологических процессов на основе имитационного, в частности агентного моделирования, как одного из его видов, позволяет определить технологические переменные, их взаимоотношения и взаимосвязи, выделить технико-экономические показатели, оценить влияние на доходность, определить направления развития и пути совершенствования технико-технологической базы отрасли свекловодства.

Ключевые слова: моделирование, сахарная свекла, технологический процесс, техническое средство, рабочий орган

SIMULATION MODELING OF TECHNOLOGICAL PROCESSES OF SUGAR BEET PRODUCTION

M. P. Voloha

Abstract. *The analysis of the ability of a comprehensive study of the technology of sugar beet production through the development and application of simulation models. Study of parameters of technological processes of production of sugar beet is proposed to carry out the method of agent-based simulation that allows to simulate the technological process at different levels of aggregation of the indicators based on a common methodological approach. Statistics simulation a set of parameter values and their subsequent processing by statistical methods allow to analyze relations between the values of the parameters. In the end, the simulation results are used for decision-making about the choice of the optimal variant from the set of the admissible taking into account the criterion that expresses the efficiency of TP. The purpose of simulation of technological processes of production of sugar beet is to increase their productivity through the definition and justification of optimum parameters. Research of technological processes based on simulation, in particular agent-based modeling as one of its types, allows you to define process variables, their relationships and interactions, to highlight the technical and economic indicators, to assess the impact on profitability, to determine directions of*

development and ways of improvement of technical and technological base of the industry sugar beet.

Key words: *modeling, sugar beet, technological process, technical means, working body*

УДК 613.153

ОБҐРУНТУВАННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОСТІ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ КАРТ В РОСЛИННИЦТВІ

А. В. Войтік, кандидат технічних наук

Р. В. Вихватнюк, магістр

Уманський національний університет садівництва

e-mail: ptoarv@udau.edu.ua

Анотація. У роботі розглядаються сучасні інструменти для автоматизації проектування технологій вирощування сільськогосподарських культур в Україні та світі, обґрунтовується перелік ключових можливостей таких систем, необхідних для успішного їх функціонування в умовах розвитку сучасних інформаційних технологій.

Показано результати розробки системи автоматизованого проектування технологічних карт з розширеним функціоналом на базі сайту кафедри процесів, машин та обладнання АПВ Уманського національного університету садівництва.

Зроблено висновок, що продовження розробки систем автоматизованого проектування технологічних карт вирощування сільськогосподарських культур для спрощення обміну технологіями між користувачами, донесення сучасних інноваційних рішень до кожного сільськогосподарського виробника України є високоперспективним.

Ключові слова: *технологічна карта, система автоматизованого проектування, сільськогосподарська культура, веб-ресурс*

Постановка проблеми. Агропромисловий комплекс України являє собою велике об'єднання різних галузей, які пов'язані між собою процесом виробництва, основною задачею якого є забезпечення продовольчої безпеки держави, створення експортного потенціалу сировини і продовольства.

© А. В. Войтік, Р. В. Вихватнюк, 2016

development and ways of improvement of technical and technological base of the industry sugar beet.

Key words: *modeling, sugar beet, technological process, technical means, working body*

УДК 613.153

ОБҐРУНТУВАННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОСТІ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ КАРТ В РОСЛИННИЦТВІ

А. В. Войтік, кандидат технічних наук

Р. В. Вихватнюк, магістр

Уманський національний університет садівництва

e-mail: ptoarv@udau.edu.ua

Анотація. У роботі розглядаються сучасні інструменти для автоматизації проектування технологій вирощування сільськогосподарських культур в Україні та світі, обґрунтовується перелік ключових можливостей таких систем, необхідних для успішного їх функціонування в умовах розвитку сучасних інформаційних технологій.

Показано результати розробки системи автоматизованого проектування технологічних карт з розширеним функціоналом на базі сайту кафедри процесів, машин та обладнання АПВ Уманського національного університету садівництва.

Зроблено висновок, що продовження розробки систем автоматизованого проектування технологічних карт вирощування сільськогосподарських культур для спрощення обміну технологіями між користувачами, донесення сучасних інноваційних рішень до кожного сільськогосподарського виробника України є високоперспективним.

Ключові слова: *технологічна карта, система автоматизованого проектування, сільськогосподарська культура, веб-ресурс*

Постановка проблеми. Агропромисловий комплекс України являє собою велике об'єднання різних галузей, які пов'язані між собою процесом виробництва, основною задачею якого є забезпечення продовольчої безпеки держави, створення експортного потенціалу сировини і продовольства.

© А. В. Войтік, Р. В. Вихватнюк, 2016

Внаслідок низької забезпеченості сільськогосподарських виробників матеріально-технічними засобами, технічним обслуговуванням, відповідною інформацією рівень рентабельності є досить низьким, а врожайність сільськогосподарських культур нижчою чим у розвинених країнах світу.

Серед основних проблем сучасного стану розвитку агропромислового комплексу однією з ключових є проблема дефіциту як інформації про розвиток сільськогосподарських технологій, так і доступу до послуг висококваліфікованих консультантів з окремих напрямків діяльності.

В Україні розробкою технологій вирощування сільськогосподарських культур займається багато наукових інститутів, сільськогосподарських виробників, компаній-виробників засобів захисту рослин, сільськогосподарської техніки і т.д. Використовується значна кількість типових технологічних карт та рекомендацій по вирощуванню. Однак, типові технології, розроблені для великих територій, вимагають уточнення з урахуванням умов конкретного поля, культур-попередників, наявного парку техніки в господарстві та ін. Це уточнення передбачає потребу значної кількості інформації в різних областях сільського господарства, якої сільськогосподарські виробники часто не мають.

Виникає необхідність в зручних інструментах збору, узагальнення, створення, зручного відображення та рекомендаціях щодо системного застосування інформації. Досвід застосування сучасних інформаційних технологій в різних галузях господарства показує можливість суттєво збільшити виробництво, оптимізувати витрати ресурсів з їх допомогою, тому тема дослідження є актуальною.

Аналіз останніх досліджень. У різний час проблемою пошуку й обґрунтуванню шляхів підвищення економічної ефективності сільськогосподарського виробництва займалися такі провідні вчені, як І. Г. Кириленко, П. Т. Саблук, Ю. О. Лупенко, П. М. Макаренко, Ю. А. Полтавський та багато інших. В той же час робіт по питаннях автоматизації проектування технологічних карт в рослинництві досить небагато. В роботі [1] І. С. Деревець вказує, що важливою складовою системи управління в агропромисловому комплексі є інформаційне забезпечення. Існуюча сьогодні система інформаційного забезпечення не відповідає сучасним вимогам і має суттєві недоліки, основними з яких є:

- система базується на застарілих технологіях збору, обробки та поширення інформації;
- відсутність систематизації ринкової та науково-технічної інформації виробничого призначення;

- відсутність контакту та доступу до інформації міжнародних інформаційних центрів.

В роботі [2] Волошин Ю. А. вказує, що потреби в зборі, узагальненні інформації по процесу виробництва сільськогосподарських культур можна вирішити застосуванням систем автоматизованого проектування технологій виробництва сільськогосподарських культур. До переліку основних функцій, які САПР повинна виконувати, можна віднести такі:

- надання користувачу рекомендацій по структурі сівозмін;
- автоматизоване формування технологічних карт для окремих культур, полів, технологій вирощування і т.д.;
- автоматизований підбір і розрахунок необхідних обсягів добрив, засобів захисту рослин, стимуляторів росту;
- автоматизоване формування системи машин на основі наявних в господарстві видів техніки з можливістю оптимізації по вибраних критеріях;
- автоматизований розрахунок потреби в паливно-мастильних матеріалах, трудових ресурсах, розрахунок вартості необхідних ресурсів;
- автоматизований розрахунок потреби в трудових ресурсах;
- розрахунок вартості необхідних ресурсів.

В роботі також пропонується архітектура системи автоматизованого проектування технологій виробництва сільськогосподарських культур.

Мета досліджень. Розглянути та проаналізувати існуючі інструменти автоматизації проектування технологій вирощування сільськогосподарських культур в Україні та світі. Обґрунтувати перелік основних можливостей, якими повинна володіти сучасна система автоматизованого проектування технологічних карт.

Результати досліджень. Сільськогосподарське виробництво є одним з найперспективніших напрямків впровадження сучасних інформаційних технологій як в світі, так і в Україні зокрема. Аналіз існуючих ресурсів для сільськогосподарських виробників показує постійне збільшення кількості сервісів та розширення їхньої функціональності. Нажаль як і в більшості інших галузей, з впровадженням передових технологій в сільському господарстві Україна відстає від решти світу на 5-10 років.

Одна з ознак застосування інформаційних технологій в господарствах – наявність комп'ютерів, а також їх з'єднання з Інтернетом Так, за даними М. А. Ананьєва [3] в країнах Західної Європи відсоток використання фермерами мережі Інтернет сягає 50–60% (табл. 1).

1. Використання інформаційних технологій фермерами.

Країна	Кількість фермерів з повною зайнятістю	Кількість фермерів, які використовують комп'ютери		Кількість фермерів, які працюють в мережі Інтернет	
		чол.	%	чол.	%
Чехія	175000	30000	17,1	4000	2,3
Данія	60000	48000	80	30000	50
Фінляндія	80000	50000	62,5	40000	50
Франція	330000	110000	33,3	25000	7,5
Німеччина	170000	75000	44,1	55000	32,4
Італія	260000	80000	30,8	10000	3,8
Японія	426000	144000	33,8	52000	12,2
Нідерланди	100000	60000	60	50000	50
Норвегія	70000	52000	74,3	40000	57,1
Польща	2000000	100000	50	5000	2,5
Іспанія	1000000	45000	45	10000	10
Швеція	30000	24000	80	14000	46,7
Великобританія	80000	60000	75	30000	37,5

В Україні доступність мережі Інтернет в сільській місцевості є ще досить низькою, однак активне формування мережі покриття мобільними операторами, подальше впровадження мережі 3G та прокладання інтернет-провайдерів оптичних мереж в сільські населенні пункти найближчим часом повинні її суттєво покращити.

Якщо відслідкувати історію застосування інформаційних технологій в сільському господарстві, то видно, що в 1990-2000-х роках переважали стаціонарні комп'ютерні програми, які виконували окремі задачі по управлінню виробництвом, або й загалом давали можливість контролювати більшість процесів на виробництві. Також були поширені інструменти на базі офісних пакетів (Microsoft Office і т.д.), які прискорювали складання технологічних процесів та виконання розрахунків, однак їхня функціональність була досить обмежена. Зі збільшенням доступу до мережі Інтернет жителів сільської місцевості та удосконаленням веб-технологій стає зрозумілим, що саме веб-сервіси мають більше переваг в порівнянні зі стаціонарним програмним забезпеченням в наслідок своєї доступності, можливості працювати командою та швидко обмінюватися інформацією, доступом до загальних баз даних з постійним їх оновленням.

До найбільш популярних закордонних веб-сервісів, які надають послуги в сфері сільського господарства можна віднести:

Сторіо (storio.com) це система дистанційного контролю сільськогосподарських угідь, яка включає оперативний моніторинг стану посівних площ, автодокументування, прогнозування і планування сільськогосподарських операцій. До основних можливостей системи входять: можливість контролювати динаміку росту культур в режимі реального часу; система розрізняє неоднорідності вегетації в межах одного поля (отримані карти використовуються для ефективного планування сільськогосподарських операцій та в системах точного внесення добрив); автоматичне формування щотижневих і щомісячних звітів за станом посівів, підсумовування важливих подій, інформації по кожному полю, культурі і господарству в цілому; система надає детальну історичну інформацію про структуру полів і динаміці вегетації (до 10 років); контроль сівозміни та продуктивності полів; розрахунок рекомендованих доз азотних добрив для зернових культур, виходячи з фактичної потреби в азоті на момент внесення добрив; щоденне оновлення даних про стан посівних площ, що дає можливість контролювати динаміку росту культур в режимі реального часу; паспорт поля; добові та накопичені опади по кожному полю; вологість ґрунту на різній глибині; прогноз врожайності вже на ранніх стадіях.

Сторіо доступний в тому числі на російській мові, фірма має представників в Україні. Agri360 (www.agrimap.com) – новозеландський розробник програмного забезпечення, який пропонує інноваційні програмні рішення для фермерів. До основних можливостей системи входять: облік проведення робіт; відстеження завдань на фермі від створення до завершення; звіти; інтерактивні карти полів; можливість командної роботи; веб-додаток з можливістю доступу в будь-який момент; фіксування часу на виконання робіт.

Agrivi (agrivi.com) – система управління фермерським господарством, яка дозволяє легко планувати, відслідковувати та аналізувати будь-яку діяльність на фермерських господарствах. До основних можливостей системи входять: управління технологічними операціями; відстеження витрат сировини, часу виконання по кожному виду діяльності; моніторинг погоди та виявлення шкідників; формування фінансової звітності та ведення документації ферми; аналіз показників та формування звітів по вирощуванню. За допомогою бази знань, що містить типові процеси для більше чим 100 культур, користувачі можуть підвищити продуктивність виробництва. Agrivi доступний і на російській мові.

Сервіс «Агротехнологія» («ЦентрПрограммСистем» – Білгород, Росія) – це сукупність окремих послуг із застосуванням геоінформаційних технологій та програмного забезпечення. Пропонується обробка і аналіз знімків з отриманням NDVI, складання карт, інтеграцію з сервісами дистанційного зондування Землі, сервісами, що надають інформацію про розвиток сільськогосподарських культур по вегетаційному індексу рослинності, метеорологічними сервісами, сервісами інформації про пожежі.

Soft.Farm (soft.farm) – українська система організації та ведення сільськогосподарської діяльності. До основних можливостей системи входять: більшість необхідних інструментів для ведення, контролю та обліку роботи підприємства, зручно використовувати на комп'ютері, ноутбучі, планшеті і мобільному телефоні, робочий інструмент, довідкова література і всі документи в одному місці, облік використання сільськогосподарської техніки та контроль за виконанням робіт, розрахунки, економія і розподіл добрив, зменшення витрат на ведення господарства. Система на даний момент знаходиться на стадії тестування.

Є ще й інші багатофункціональні сервіси для автоматизації роботи сільськогосподарського виробника, однак їх застосування в Україні є обмеженим в наслідок проблем з перекладом, високої вартості послуг для вітчизняного виробника, особливостей ведення виробництва в Україні в порівнянні з світовими практиками, недостатньої обізнаністю сільськогосподарських виробників сучасними інформаційними технологіями. Слід зазначити, що функціональність сервісів для сільськогосподарських виробників залежить від розвитку інформаційних технологій. Відкритий доступ до API картографічних сервісів (Google Maps, Яндекс Карты), метеорологічних сервісів та ін. дає змогу розробникам програмного забезпечення надавати якісні послуги в цих галузях без необхідності мати доступ до супутників. Аналіз сучасного стану справ в сільському господарстві та функціональності кращих закордонних сучасних сервісів дав змогу вибрати перелік основних функцій, які повинні бути наявними в системі автоматизації проектування технологічних карт в рослинництві:

- внесення та редагування користувачем інформації по машинах, сортах, хімікатах, які використовуються на окремому підприємстві з можливістю вибору із загальної бази даних;
- складання технологічних карт вирощування сільськогосподарських культур із прив'язкою до технологій вирощування, полів і т.д.;
- надання рекомендацій по вибору сівозмін, добрив, машин під

час складання техкарт з можливістю автоматизації цих дій за вибором користувача;

- автоматизація необхідних розрахунків — як економічних, так і технічних;

- інструменти по роботі з геоданими — розміщення полів, визначення відстаней, площ і т.д.;

- інструменти для отримання метеоданих — коротко- та довгострокові прогнози погоди, а також історія метеоспостережень в заданих координатах за роки вирощування культур;

- база даних з типовими технологічними картами, сільськогосподарськими машинами, культурами, хімікатами, з можливістю їх прямого копіювання до власного переліку.

Як видно з ситуації на ринку інформаційних послуг, принцип роботи надзвичайно популярних сьогодні соціальних мереж можна використати до різних галузей, в тому числі і до сільського господарства. В цьому випадку за умови залучення значної кількості користувачів буде суттєво спрощено обмін технологіями між сільськогосподарськими виробниками, консультантами, науковими установами, виробниками техніки, хімікатів і т.д.

Тому до наведеного переліку варто додати можливості, направлені на спрощення обміну даними між користувачами, а саме:

- можливість відкриття своїх даних (техкарт, машин і т.д.) для загального користування, що дасть змогу сформувати інформаційну базу про технології та обладнання, які використовуються в сільському господарстві України;

- можливість відкриття своїх даних для окремих користувачів-консультантів з метою отримання консультаційних послуг;

- можливість пошуку потрібних машин для проектування технологічних карт не тільки з власного переліку, а й серед машин фірм-орендодавців з місць найближчого розташування.

Враховуючи наявність значної потреби сільськогосподарських виробників у доступі до сучасних інформаційних технологій та інструментів оптимізації ведення технологічних процесів, на кафедрі процесів машин та обладнання АПВ Уманського національного університету садівництва проводиться робота з реалізації на базі інтернет-сайту кафедри веб-додатку для складання та оптимізації технологічних карт [4]. Сервіс знаходиться у відкритому доступі. Для його використання достатньо зареєструватися на сайті кафедри і ввести свої облікові дані. Архітектура пропонованої системи автоматизованого проектування наводиться на рис. 1.

При виборі технологій для розробки системи автоматизованого проектування техкарт було вибрано як базу саме сайт з огляду на переваги веб-розробки над розробкою програмного забезпечення

для персональних комп'ютерів. Створення веб-проекту дасть змогу швидко залучити значну кількість користувачів, спростить надання консультацій користувачам у разі виникнення тих чи інших питань, дасть змогу налагодити спілкування та обговорення питань, які турбують виробників.

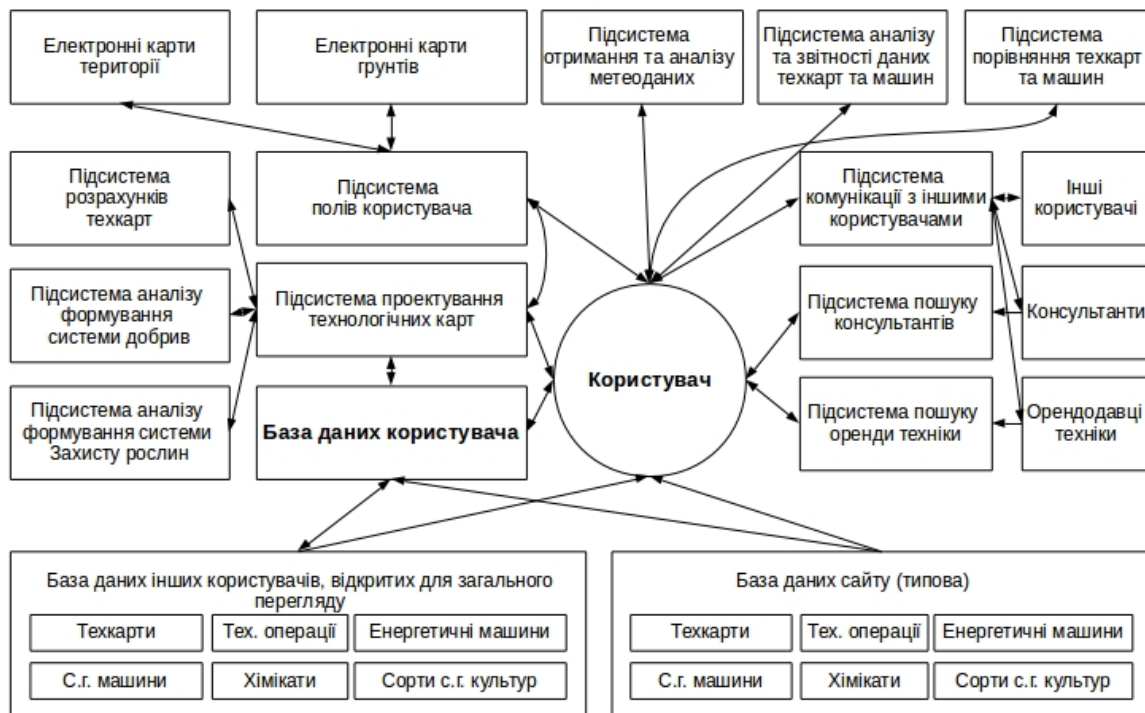


Рис. 1. Архітектура пропонуваної системи автоматизованого проектування технологічних карт в рослинництві.

Із наведеного раніше переліку необхідного функціоналу для сільськогосподарського веб-сервісу в додатку, що розробляється реалізовано або знаходяться на завершальній стадії більшість пунктів. На даний момент на сайті користувачі можуть створювати та редагувати такі типи записів: технологічні карти, технологічні операції, техніка, хімікати, сорти сільськогосподарських культур, поля. Користувачі можуть як використовувати ті чи інші записи з бази даних сайту, копіюючи їх до власного переліку, так і створювати особисті з потрібними параметрами.

Активно проводиться робота по наповненню бази даних сервісу необхідними даними – зокрема додано більше 300 енергетичних машин з основними параметрами, більше 650 сільськогосподарських машин, більше 1700 сортів сільськогосподарських культур (з державного реєстру сортів рослин, придатних до поширення в Україні на 2016 рік), більше 2600 хімікатів (з державного реєстру пестицидів та агрохімікатів, дозволених до використання в Україні станом на 2016 рік).

Швидкий розвиток геоінформаційних систем все більше відображається і на сільському господарстві. З електронних карт користувачі можуть отримувати дані про ґрунтові характеристики ділянки, а також її розміри і рельєф. Планування, здійснюване на основі даних ГІС, дозволяє скоротити (або повністю виключити) простої в роботі у разі нестачі кадрів або техніки, знизити вартість агротехнічних операцій на одиницю оброблюваної площі і поліпшити показники врожайності [5]. Тому включення можливостей по роботі з електронними картами в систему автоматизованого проектування є обов'язковою умовою її успішного використання.

На даний момент розроблена система дає змогу виконувати підбір енергетичних та сільськогосподарських машин для технологічних карт в ручному режимі. Однак, на сьогодні в Україні проведено достатньо наукових досліджень з питань проектування складу машинних агрегатів, комплексів машин і машинно-тракторного парку. Цими питаннями займалися М. К. Діденко, В. Д. Гречкосій, І. І. Мельник, С. М. Бондар та ін. [6]. Авторами була розроблена математична модель, яка дає змогу по-перше, визначати раціональні структури посівних площ як основу для обґрунтування раціонального складу машинних агрегатів та комплексів машин у системі сівозмін господарства, по-друге, виконувати уточнений розрахунок норм виробітку та витрат палива при роботі машинних агрегатів відповідно до розробленої градації коректив для визначення коефіцієнта складності умов їх використання, по-третє, оптимізувати комплекс машин та машинно-тракторних агрегатів при виконанні деякого технологічного процесу в залежності від площі вирощування культури. Розроблена та впроваджена у виробництво та навчальний процес система «Комплексне машиновикористання», що передбачає комбіноване вирішення задачі обґрунтування складу комплексів машин і структури машинного парку [7].

Гречкосій В. Д. та ін. в роботі [7] цільову функцію системи узгоджених математичних моделей для системного обґрунтування машинних агрегатів і комплексів машин у загальному вигляді описують рівнянням (1):

$$Y = \max_{i=1}^n Kr^e | f\{\mathcal{R}(\rho_i); \Phi(\varphi_i); \Theta(\xi_i); \Omega(\omega_i)\} \quad (1)$$

де: Kr^e – критерій ефективності; $\{\mathcal{R}(\rho_i); \Phi(\varphi_i); \Theta(\xi_i); \Omega(\omega_i)\}$ – динамічний стан системи {попередник → культура → технологічний процес → технологічна операція → машина для її виконання → енергетичний засіб → машинний агрегат-оператор → комплекс машин}.

А також наводять математичний інструментарій моделювання та оптимізації машинних агрегатів, комплексів машин і машинно-

тракторного парку для проектування технологій вирощування сільськогосподарських культур.

Базуючись на вказаних та інших наукових дослідженнях пропонується система автоматизованого проектування технологічних карт на даний момент доопрацьовується з метою формування підсистем автоматичного та напівавтоматичного підбору машинних агрегатів, комплексів машин і машинно-тракторного парку з наявних в господарстві та з можливістю залучення техніки орендодавців.

Окрема увага при розробці та вдосконаленні системи звертається на спрощення роботи, зручність внесення та обробки власної інформації. Користувач може вносити в базу даних інформацію про власні поля, на яких проводиться вирощування сільськогосподарських культур із зазначенням років, коли вирощувалася культура, площі поля та ін. Для кожного поля користувач також може вказати на карті Google Maps його розміщення, дізнатися його площу, а також переглянути розміщення усіх полів одночасно. Для аналізу технологічних карт та сільськогосподарських машин підключено функцію їхнього порівняння шляхом відображення таблиці з доданими до порівняння записами та їхніми параметрами. При порівнянні технологічних карт можна переглядати і аналізувати їхні технологічні операції по групах операцій, а також результати розрахунку показників.

Витрата палива по групах операцій

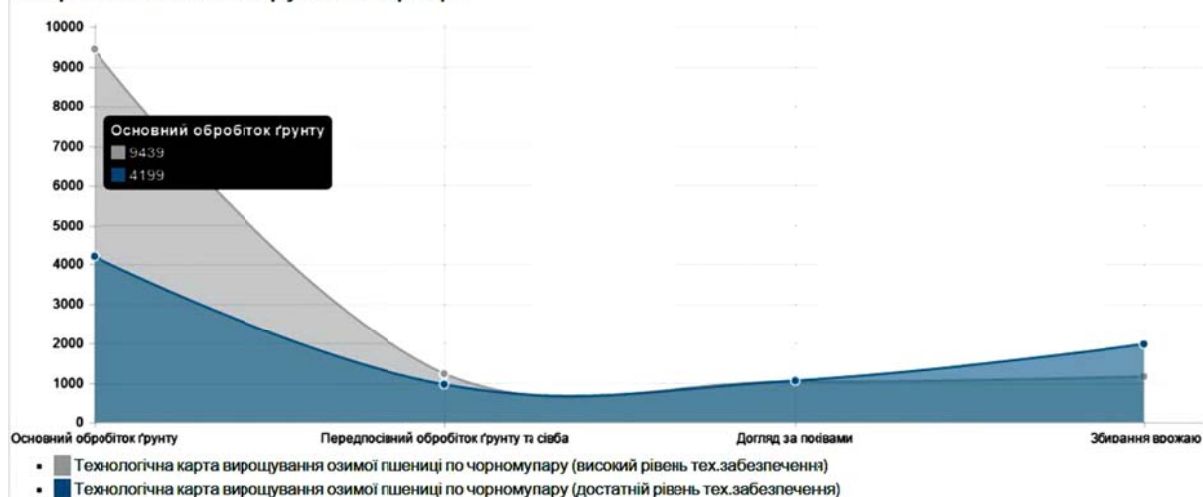


Рис. 2. Графік з відображенням значення витрат палива по групах технологічних операцій при порівнянні технологічних карт вирощування озимої пшениці по чорному пару з високим та достатнім рівнем технічного забезпечення.

Візуальна інформація значно краще сприймається користувачем в порівнянні з переглядом великих масивів числових та текстових даних. Тому застосування графіків та діаграм для

відображення даних як по окремих картах так і результатів порівняння техкарт та сільськогосподарських машин є важливою складовою спрощення роботи користувачів (рис. 2). Користувач може переглянути і проаналізувати графіки використання техніки, проведення технологічних операцій як по окремих технологічних картах так і загалом серед власних записів.

Висновки

В результаті опрацювання вище викладених матеріалів можна зробити такі висновки:

1) в аграрній сфері, особливо для малих та середніх товаровиробників існує значна потреба в інформаційних сервісах для автоматизації проектування технологій виробництва сільськогосподарських культур;

2) оптимальним варіантом є розробка сервісу на базі веб-сайту із можливістю залучення максимальної кількості користувачів та організації їхньої взаємної співпраці;

3) для забезпечення основних потреб користувачів інформаційний сервіс повинен містити функціонал із вище наведеного переліку;

4) аналіз наявних можливостей проекту, що розробляється на базі сайту кафедри ПМО АПВ Уманського НУС вже зараз дає змогу зробити висновки про перспективу продовження роботи у даному напрямку для спрощення обміну технологіями між користувачами, донесення сучасних інноваційних рішень до кожного сільськогосподарського виробника України.

Список літератури

1. *Деревець І. С.* Інформаційно-інноваційний розвиток інженерно-технічної сфери АПК [Текст] / *І. С. Деревець* // Механізація і електрифікація сільського господарства. – 2013. – № 97 (2). – С. 300–306.
2. *Волошин Ю. А.* Архитектура системы автоматизированного проектирования технологий производства сельскохозяйственных культур [Текст] / *Ю. А. Волошин* // Известия ВолгГТУ. – 2012. – № 14. – С. 120–123.
3. *Ананьев М. А.* Применение информационных технологий в АПК [Текст] / *М. А. Ананьев, Ю. В. Ухтинская* // Системное управление. – 2012. – № 4. – С. 2–8.
4. Веб-сервіс автоматизації проектування технологічних карт вирощування сільськогосподарських культур на базі сайту кафедри ПМОАПВ Уманського НУС [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://pmoapv.pp.ua/index.php?r=tehkart>.
5. *Зацерковний В. І.* Аналіз можливості підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва при застосуванні геоінформаційних технологій у задачах управління [Текст] / *В. І. Зацерковний, С. В. Кривоберець* // Вісник Чернігівського державного технологічного університету. Серія: технічні науки. – 2013. – № 3. – С. 174–183.
6. *Бондар С. М.* Становлення і розвиток наукових основ машиновикористання / *С. М. Бондар* // Наукові доповіді НАУ. – 2008. – 1(9). – 19 с. – Режим доступу : www.nbuv.gov.ua/e-Journals/nd/2008-1/08bsmomu.pdf.
7. *Гречкосій В. Д.* Проектування технологічних процесів у рослинництві: навчальний посібник / *В. Д. Гречкосій, В. Д. Войтюк, Р. В. Шатров,*

References

1. *Derevets', I. S.* (2013). Informatsiyno-innovatsiynyy rozvytok inzhenerno-tekhnichnoyi sfery APK [Tekst] [Information and innovative development of engineering in the agribusiness]. Mechanization and electrification of agriculture, 97 (2), 300–306.
2. *Voloshyn, Yu. A.* (2012). Arkhytektura systemy avtomatyzirovannoho proektyrovannya tekhnolohyy proyzvodstva sel'skokhozyaystvennykh kul'tur [Tekst] [Architecture computer aided design technologies in crop production]. Yzvestyia VolhHTU, 14, 120–123.
3. *Anan'yev, M. A., Ukhtynskaya, Yu. V.* (2012). Prymenenye ynformatsyonnykh tekhnolohyy v APK [Tekst] [The application of information technology in agriculture]. Systemnoe upravlenye, 4, 2–8.
4. *Veb-servis avtomatyzatsiyi proektuvannya tekhnolohichnykh kart vyroshchuvannya sil'skohospodars'kykh kul'tur na bazi saytu kafedry PMOAPV Umans'koho NUS [Elektronnyy resurs] [Web service automatizar proektuvannya technologicznykh card wirewound clinicopathogenetic cultures but on the website of the Department PMAAP Ulanskogo NUS] / Rezhym dostupu: <http://pmoapv.pp.ua/index.php?r=tehkarta>.*
5. *Zatserkovnyy, V. I., Kryvoberets', S. V.* (2013). Analiz mozhlyvosti pidvyshchennya efektyvnosti sil'skohospodars'koho vyrobnytstva pry zastosuvanni heoinformatsiynykh tekhnolohiy u zadachakh upravlinnya [Tekst] [Analysis of opportunities to improve the efficiency of agricultural production in the application of geoinformation technologies in the management tasks]. Bulletin of the Chernihiv State Technological University. Series: Technical Sciences, 3, 174–183.
6. *Bondar, S. M.* (2008). Stanovlennya i rozvytok naukovykh osnov mashynovykorystannya [The formation and development of scientific bases of machine using]. Scientific reports NAU, 1(9), 19, Rezhym dostupu : www.nbu.gov.ua/e-Journals/nd/2008-1/08bsmomu.pdf.
7. *Hrechkosiy, V. D., Voytyuk, V. D., Shatrov, R. V., Mel'nyk, I. I., Mykhaylovych, Ya. M.* (2011). Proektuvannya tekhnolohichnykh protsesiv u roslynnytstvi: navchal'nyy posibnyk [Designing technological processes in crop production : training manual]. K.: Vydavnychy tsestr NUBiP Ukrayiny, 2011, 364: il.

ОБОСНОВАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОСТИ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КАРТ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ

А. В. Войтик, Г. В. Вихватнюк

Аннотация. В работе рассматриваются современные инструменты для автоматизации проектирования технологий выращивания сельскохозяйственных культур в Украине и мире, обосновывается перечень ключевых возможностей таких систем, необходимых для успешного их функционирования в условиях развития современных информационных технологий.

Показаны результаты разработки системы автоматизированного проектирования технологических карт с расширенным функционалом на базе сайта кафедры процессов,

машин и оборудования АПВ Уманского национального университета садоводства.

Сделан вывод, что продолжение разработки систем автоматизированного проектирования технологических карт выращивания сельскохозяйственных культур для упрощения обмена технологиями между пользователями, донесения современных инновационных решений к каждому сельскохозяйственному производителю Украина является высокоперспективным.

Ключевые слова: технологическая карта, система автоматизированного проектирования, сельскохозяйственная культура, веб-ресурс

RATIONALE FUNCTIONALITY OF SYSTEM OF AUTOMATED DESIGN OF TECHNOLOGICAL MAPS IN CROP

A. V. Voytik, R. V. Wyhvatnjuk

Abstract. *Advanced tools for design automation technologies for growing crops in Ukraine and the world have considered. List of key capabilities such systems required for their functioning successfully in the development of modern information technology have justified.*

Showing results of development of computer-aided design technology cards with extended functionality at the site of the department of processes, machinery and equipment of AIP of Uman National University of Horticulture.

It is concluded that the continuation of the development of computer-aided design of technological maps of growing of crops to facilitate technology transfer between users, delivering advanced innovative solutions to every farmer in Ukraine is very perspective.

Key words: *technological map, computer-aided design, crop, web-resource*

УДК 659.002.1

ПЕРСПЕКТИВНИЙ НАПРЯМ УДОСКОНАЛЕННЯ ЗБИРАЛЬНО- ТРАНСПОРТНИХ ПРОЦЕСІВ

С. Г. Фришев, доктор технічних наук
С. І. Козупиця, кандидат технічних наук
О. А. Воронков, аспірант
e-mail: fryshev@mail.ru

Анотація. Обґрунтовано напрям удосконалення збирально-транспортних процесів із застосуванням обігових напівпричепів.

© С. Г. Фришев, С. І. Козупиця, О. А. Воронков, 2016

машин и оборудования АПВ Уманского национального университета садоводства.

Сделан вывод, что продолжение разработки систем автоматизированного проектирования технологических карт выращивания сельскохозяйственных культур для упрощения обмена технологиями между пользователями, донесения современных инновационных решений к каждому сельскохозяйственному производителю Украина является высокоперспективным.

Ключевые слова: технологическая карта, система автоматизированного проектирования, сельскохозяйственная культура, веб-ресурс

RATIONALE FUNCTIONALITY OF SYSTEM OF AUTOMATED DESIGN OF TECHNOLOGICAL MAPS IN CROP

A. V. Voytik, R. V. Wyhvatnjuk

Abstract. Advanced tools for design automation technologies for growing crops in Ukraine and the world have considered. List of key capabilities such systems required for their functioning successfully in the development of modern information technology have justified.

Showing results of development of computer-aided design technology cards with extended functionality at the site of the department of processes, machinery and equipment of AIP of Uman National University of Horticulture.

It is concluded that the continuation of the development of computer-aided design of technological maps of growing of crops to facilitate technology transfer between users, delivering advanced innovative solutions to every farmer in Ukraine is very perspective.

Key words: technological map, computer-aided design, crop, web-resource

УДК 659.002.1

ПЕРСПЕКТИВНИЙ НАПРЯМ УДОСКОНАЛЕННЯ ЗБИРАЛЬНО- ТРАНСПОРТНИХ ПРОЦЕСІВ

С. Г. Фришев, доктор технічних наук
С. І. Козупиця, кандидат технічних наук
О. А. Воронков, аспірант
e-mail: fryshev@mail.ru

Анотація. Обґрунтовано напрям удосконалення збирально-транспортних процесів із застосуванням обігових напівпричепів.

© С. Г. Фришев, С. І. Козупиця, О. А. Воронков, 2016

Аналіз технологічної схеми перевезення зерна від комбайнів з використанням ПП дозволяє виявити ряд недоліків, перешкоджаючих досягненню максимального ефекту, до числа яких можна віднести наступні: необхідність своєчасного під'їзду АТЗ до ПП обумовлює простой АТЗ (до 36% від часу зміни); необхідність виконання додаткової операції (в порівнянні з технологією прямих перевезень) – перевантаження зерна із одного транспортного засобу (причепа-перевантажувача) в інший (великовантажний АТЗ); таке перевантаження зерна із використанням шнекових робочих органів потребує додаткових енерговитрат, витрат часу та не виключає механічне пошкодження зерна. Застосування обігових НП в складі автотракторних поїздів забезпечує підвищення як продуктивності ЗК так і підвищення продуктивності АТЗ. Основною проблемою впровадження такої технології, яку потрібно вирішити в наступній науково-дослідній роботі, є зменшення ущільнення ґрунту напівпричепами як за рахунок постановки додаткових задніх коліс трактора так і шляхом перерозподілу зерна в кузові під час його перевезення в полі.

Ключові слова: *зерно, збирання, транспортування, транспортні засоби, обігові напівпричепа, ефективність*

Постановка проблеми. Введення в технологічну лінію між зернозбиральними комбайнами (ЗК) і автотранспортними засобами (АТЗ) під час збирання урожаю проміжної перевантажувальної ланки – міжопераційного компенсатора дозволяє суттєво, порівняно з прямими автомобільними перевезеннями зерна, скоротити час збирально-транспортних операцій і в цілому підвищити ефективність збирально-транспортного комплексу (ЗТК) головним чином за рахунок зменшення простоїв ЗК під час очікування розвантаження зерна з бункера. Роль таких мобільних компенсаторів виконують спеціалізовані тракторні причепа-перевантажувачі (ПП) (інша назва – перевантажувальні бункери-накопичувачі – ПБН, ПНБ) зі шнековими пристроями для розвантаження, а також автомобільні та тракторні універсальні причепа і напівпричепа [1–3] (рис. 1).

Найбільш розповсюдженим типом міжопераційних компенсаторів, що застосовують у виробництві, є ПП, який у складі ЗТК під час збирання зернових культур виконує наступний технологічний процес. Група комбайнів рухається по полю, і по мірі заповнення їх бункерів, зерно розвантажується в кузови ПП, які транспортують його на край поля для перевантаження у великовантажні АТЗ (рис. 2 – рис. 4), що здійснюють перевезення зерна у хлібоприймальний пункт (ХПП – тік або елеватор). Застосування шин низького тиску у ПП виключає ущільнення ґрунту колесами великовантажних АТЗ, які транспортують зерно у

приймальний пункт лише від краю поля. Підвищення продуктивності ЗК відбувається за рахунок зменшення часу їх простою для очікування розвантаження бункерів.

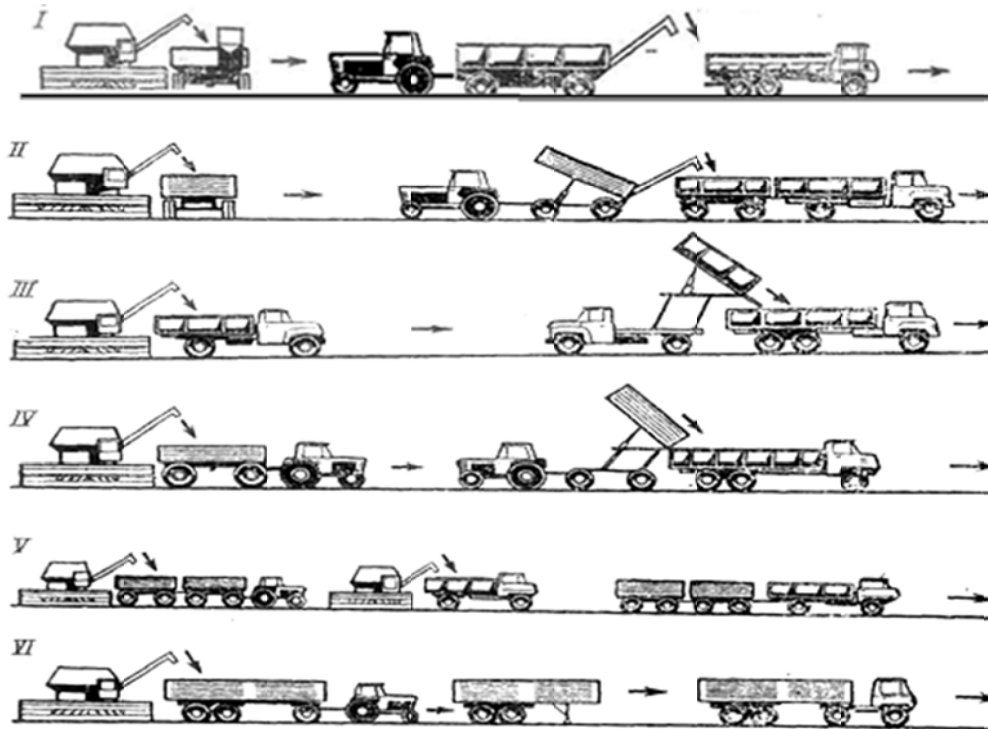


Рис. 1. Схеми перевезення зерна від комбайнів з використанням мобільних міжопераційних компенсаторів.



Рис. 2. Розвантаження зерна в ПП з бункера комбайна в ПП.



Рис. 3. Транспортування зерна на край поля.



Рис. 4. Вивантаження зерна на краю поля в кузов великовантажного АТЗ.

Аналіз технологічної схеми перевезення зерна від комбайнів з використанням ПП дозволяє виявити ряд недоліків, перешкоджаючих досягненню максимального ефекту, до числа яких можна віднести наступні:

- необхідність своєчасного під'їзду АТЗ до ПП обумовлює простої АТЗ (до 36% від часу зміни [4]);

необхідність виконання додаткової операції (в порівнянні з технологією прямих перевезень) – перевантаження зерна із одного транспортного засобу (причепи-перевантажувача) в інший (великовантажний АТЗ); таке перевантаження зерна із використанням шнекових робочих органів потребує додаткових енерговитрат, витрат часу та не виключає механічне пошкодження зерна.

Аналіз останніх досліджень. З метою пошуку раціональних схем транспортування продукції урожаю від комбайнів нами застосовані дані аналізу роботи компенсаторів, які виконано Каплановичем М. С. [2]. Оскільки на перевезенні зерна можливо застосування ТЗ різних вантажностей, то для порівняльної їх оцінки доцільно визначати питому тривалість ЗТО, яка віднесена до 1 т перевезеного зерна:

$$t_{\text{нум}} = \frac{T_n}{q \cdot \gamma} = \frac{t_n + t_{\text{оч}} + t_{\text{п.ф.}} + t_{\text{пых}} + t_{\text{роз}}}{q \cdot \gamma}, \quad (1)$$

де: T_n – тривалість ЗТО, год; t_n – тривалість переїздів ТЗ по полю та завантаження зерном автомобіля [1, 2]:

$$t_n = 0,08 + 0,12\rho,$$

де: ρ – кількість бункерів зерна комбайна, яка розвантажується в кузов ТЗ; $t_{\text{пых}}$ – тривалість руху АТЗ від поля до ХПП і назад; $t_{\text{роз}}$ – тривалість розвантаження зерна в ХПП; $t_{\text{оч}}$, $t_{\text{п.ф.}}$ – тривалість відповідно очікування автомобілем завантаження зерном та переформування автотракторного поїзда (відчиплення – причіплення НП або причепів); q – номінальна вантажність ТЗ, т; γ – коефіцієнт статичного застосування вантажності.

На рис. 5 представлено отримані залежності питомої тривалості ЗТО від вантажності ТЗ [2]. Введення в технологічну лінію між комбайнами і транспортними засобами проміжної ланки дозволяє значно (в 2–5 рази) скоротити час збирально-транспортних операцій (ЗТО) порівняно з прямими автомобільними перевезеннями. Виробниче впровадження схеми V ускладнено реалізацією переформування багатоланкового автотракторного поїзда. Схеми I-IV, VI, мають практично однакові результати.

Метою досліджень є підвищення ефективності технології перевезення зерна від комбайнів шляхом обґрунтування перспективного напрямку удосконалення збирально-транспортних процесів.

Результати досліджень. З урахуванням позитивних оціночних показників і наявності певного технічного забезпечення, яке дозволяє проводити удосконалення на сучасному етапі, нами прийнято до наступних досліджень схема VI. Одним із варіантів такого удосконалення є застосування для транспортування НП трактора із сідельним зчіпним пристроєм (СЗП). Такий трактор не тільки ефективно буксирує напівпричіп в полі та має мінімальний час на «причіплення-відчіплення» НП, але і зменшує ущільнення ґрунту, оскільки частка ваги НП з зерном сприймається задніми колесами трактора, кількість яких при цьому збільшується. Характеристика тракторів із СЗП подана в табл. 1.

1. Характеристика тракторів із сідельним пристроєм

Параметри трактора	Модель трактора	
	ХТЗ-200-5	К-703 МА-12-02
Номінальна потужність к.с. (кВт)	210 (154,4)	350 (257)
Максимальне навантаження на сідло (СЗП), т	5	11
Висота сідла від рівня дороги, мм	1600	1900-2000

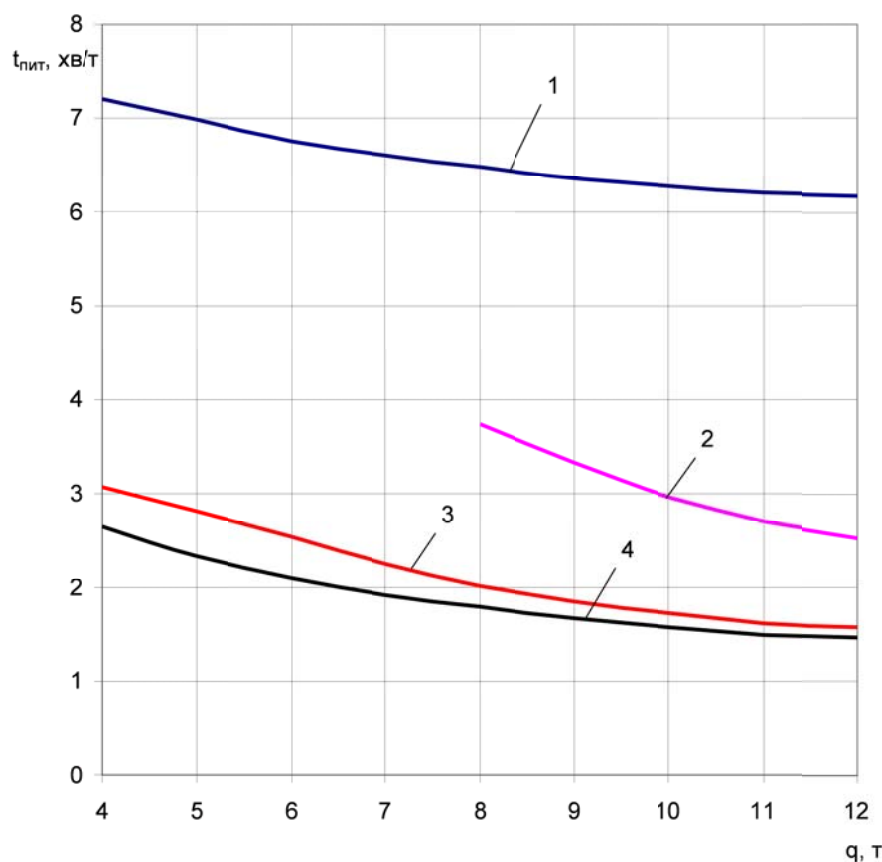


Рис. 5 Залежність питомої тривалості збирально-транспортних операцій: 1 – прямі автомобільні перевезення; 2 – перевезення по схемі V; 3 – перевезення по схемам I, II, III, IV; 4 – перевезення по схемі VI.

Таким чином, напівпричіп в поєднанні з трактором може виконувати функцію компенсатора – спеціалізованого транспортного засобу замість, наприклад причепів ПБН-30, ПБН-40, що дозволить знизити витрати на оренду або придбання необхідної техніки. Одночасно такі транспортні засоби використовуються як обігові НП та дозволяють організувати безперервну роботу АТЗ на ділянці «край поля – ХПП» шляхом застосування «складу на колесах».

НП в полі працює в складі тракторного транспортного агрегату, який містить трактор з сідельним зчіпним пристроєм (сідло – ідентичне з авто-тягачами) (рис. 6), а на дорозі від поля до ХПП – з автомобілем-тягачем, як транспортний засіб. Після заповнення зерном НП перевозиться на край поля, відчіпляється і замінюється на пустий для подальшої роботи, а завантажені НП перевозяться тягачами на ХПП. Прикладом НП для роботи по даній схемі є напівпричіп самоскид НПС 2150 (зерновоз промислової компанії «Пожмашина») та НП Langendorf Tipper (рис. 7, рис. 8), які призначені для перевезення у складі автопоїзда з сідельним автотягачем зернових та інших насипних, навалочних сільськогосподарських вантажів: комбікормів, соломи, цукрових буряків та ін.



150K-09



б)К-703МА-12-02

а) Т-

Рис. 6. Трактори з сідельним пристроєм.



Рис. 7. Автомобільний напівпричіп-самоскид НПС 2150 (Україна) з автотягачем.



Рис. 8. Автомобільний напівпричіп-самоскид Langendorf Tipper (Бельгія) (вантажність 24,4 т).

Напівпричіп-самоскид НПС 2150 призначений для експлуатації з сідельними тягачами і обладнано гідравлічною системою для підйому кузова. Місткість кузова – 50 м³; маса (номінальна) вантажу, – до 25,8 т. Для розрахунку параметрів ЗТК розглянемо ритмічність роботи першої ланки: «ЗК – НП з трактором». Виходячи з основної вимоги поточності для групи комбайнів та одного ТПП, маємо:

$$R_K = I_H, \quad (2)$$

де: R_K – ритм роботи групи комбайнів, год.; I_H – інтервал надходження НП до місця взаємодії з технологічною машиною – комбайном, год.

Ритм роботи групи комбайнів в кількості m_K , якщо в НП завантажується ρ бункерів, тобто НП обслуговує ρ комбайнів ($\rho = m_K$), дорівнює:

$$R_K = \frac{1,11 t_B \rho}{m_K} = \frac{1,11 \omega_K d_B}{W_{KP}}, \text{ год.}, \quad (3)$$

де: t_B – час заповнення зерном бункера комбайна:

$$t_B = \frac{\omega_K d_B}{W_{KP}}, \text{ год.},$$

де: W_{KP} – продуктивність ЗК за 1 годину основного часу, т/год.; ω_K – об'єм бункера комбайна, м³; d_B – об'ємна маса зерна, т/м³.

Інтервал надходження НП до місця взаємодії з комбайнами:

$$I_H = t_{II} + t_{B-II} - \frac{\omega_K d_B}{W_{шк}} = 0,08 + 0,12\rho + t_{B-II} - \frac{\omega_K d_B}{W_{шк}}, \text{ год.}, \quad (4)$$

де: t_{B-II} – середня тривалість перечіпки (відчіплення – причеплення) НП; $t_{II} = 0,08 + 0,12\rho$ – тривалість їздки НП по полю [2]; $W_{шк}$ – продуктивність вивантажувального шнека ЗК, т/год.

Після підстановки значень з (3) та (4) в (2) одержимо:

$$\frac{1,11 \omega_K d_B}{W_{KP}} = 0,08 + 0,12\rho + t_{B-II} - \frac{\omega_K d_B}{W_{шк}}.$$

Звідси кількість бункерів зерна ЗК, що завантажується в НП, а також кількість ЗК, які обслуговуються одним НП, дорівнює:

$$\rho = INT(\omega_K \cdot d_B (\frac{9,25}{W_{KP}} + \frac{8,33}{W_{ШК}}) - 8,33t_{B-П} - 0,667), \text{ од.}, \quad (5)$$

де: INT – функція, що повертає найближче менше ціле значення.

Вибір вантажопідйомності НП виконується, виходячи з умови кратності вантажопідйомності кузова НП і бункера ЗК:

$$q_H \geq q_B \rho, \quad (6)$$

де: q_H – номінальна вантажопідйомність кузова обраного НП; q_B – маса зерна в бункері.

Друга умова вибору марки НП: місткість кузова ω_H обраного НП повинна бути кратною місткості бункера комбайна:

$$\omega_H \geq \omega_K \rho. \quad (7)$$

Виходячи з виразів (6), (7) вибираємо відповідну за вантажопідйомністю q_H марку НП.

Кількість НП з тракторами, які одночасно з комбайнами працюють в полі, дорівнює:

$$n_{НП} = CEILING \frac{m_K}{\rho}, \quad (8)$$

де: $CEILING$ – функція, що повертає найближче більше ціле значення.

Умова поточності другої ланки «НП – АТ» має такий вид:

$$R_2 = I_2, \quad (9)$$

де R_2 – ритм роботи НП з трактором, год.; I_2 – інтервал надходження АТ, год.

Ритм роботи НП з трактором визначається як:

$$R_2 = \frac{0,08 + 0,12\rho + 2t_{B-П}}{n_{НП}}, \text{ год.}, \quad (10)$$

Інтервал надходження АТ:

$$I_2 = \frac{t_{OB}}{n_{AT}} = \frac{2t_{B-П} + \frac{2l_{ij}}{v_T} + t_{ВИБ}}{n_{AT}}, \text{ год.}, \quad (11)$$

де: $t_{OB} = 2t_{B-П} + \frac{2l_{ij}}{v_T} + t_{ВИБ}$ – тривалість обороту АТ, год.; n_{AT} – кількість АТ,

од; $t_{ВИБ}$ – тривалість перебування АТ в пункті розвантаження, яка залежить від рівня механізації і організації робіт, год.; l_{ij} – відстань перевезення зерна з поля (пункту i) в приймальний пункт розвантаження (пункт j), км; v_T – середня технічна швидкість АТ на шляху від поля на тік, км/год.

Після підстановки значень з (10) та (11) в (9) та відповідного перетворення одержимо кількість автотягачів для перевезення зерна з рівняння:

$$n_{AT} = CEILING \frac{n_{HП} t_{OB}}{0,08 + 0,12 \rho + 2t_{B-П}} = CEILING \frac{n_H (2t_{B-П} + \frac{2l_{ij}}{v_T} + t_{ВИБ})}{0,08 + 0,12 \rho + t_{B-П}}, \text{ од.}, \quad (12)$$

Загальна кількість НП, які потрібні для роботи ЗТК (рухаються, очікують причеплення та знаходяться під навантаженням) дорівнює кількості НП, що працюють у обох ланках: та визначається за формулою:

$$\Pi = \Pi_1 + \Pi_2, \text{ од.}, \quad (13)$$

де: Π_1, Π_2 – кількість НП відповідно у ланках «ЗК – НП з трактором» та «НП -АТ»:

$$\Pi_1 = n_{HП}, \text{ од.}$$

Кількість НП у ланці «НП - АТ»:

$$\Pi_2 = n_{AT} (1 + \frac{(t_{ВИБ} + t_{B-П}) v_T}{2(l_{ij} + v_T t_{B-П})}), \text{ од.}, \text{ од.}$$

Після підстановки складових рівняння (13) отримаємо загальну кількість НП як:

$$\Pi = n_{HП} + n_{AT} (1 + \frac{(t_{ВИБ} + t_{B-П}) v_T}{2(l_{ij} + v_T t_{B-П})}), \text{ од.}, \text{ од.} \quad (14)$$

Таким чином на підставі теоретичного аналізу роботи збирально-транспортного комплексу із обіговими автомобільними напівпричепами самоскидами обґрунтована методика визначення складу ЗТК. Порівняємо даний варіант технології збирання та перевезення зерна з найбільш прогресивною по темпам впровадження в Україні перевантажувальною технологією із використанням прицепа-перевантажувача у наступному прикладі. Розглянемо застосування технологічних схем збирання урожаю зерна з площі 2100 га зерновими комбайнами Джон Дір 9780 і перевезення зерна на приймальний пункт ($W_{KP} = 15,3 \text{ т/год.}$, $\omega_K = 10 \text{ м}^3$, $d_B = 0,75 \text{ т/м}^3$, урожайність $U = 6 \text{ т/га}$, кількість робочих днів для збирання зерна за агровимогами $D_P = 10$ днів, тривалість зміни $T_{ЗМ} = 8 \text{ год.}$, коефіцієнт змінності $K_{ЗМ} = 1,5$, відстань перевезення зерна $l_{ij} = 8 \text{ км}$, $v_T = 40 \text{ км/год.}$). В табл. 2 представлено розрахунковий склад та показники роботи машин двох ЗТК: для перевантажувальної технологічної схеми і для перевезення із застосуванням НП. З представлених даних видно, що використання НП, які працюють за напівчовниковим рухом у двох ланках: в полі та на дорозі, забезпечує мінімальні простой транспортних засобів. Це дозволяє в 1,5 рази підняти їх продуктивність та відповідно зменшити кількість автотягачів і скоротити витрати палива.

Висновок. Застосування обігових НП в складі автотракторних поїздів забезпечує підвищення як продуктивності ЗК так і підвищення продуктивності АТЗ. Основною проблемою впровадження такої технології, яку потрібно вирішити в наступній

науково-дослідної роботі, є зменшення ущільнення ґрунту напівпричепами як за рахунок постановці додаткових задніх коліс трактора так і шляхом перерозподілу зерна в кузові під час його перевезення в полі.

2. Порівняльні техніко-експлуатаційні та кількісні показники роботи ЗТК за перевантажувальною технологічною схемою та перевезеннями з використанням НП

Варіанти ЗТТ	Склад і кількість машин, од.						Середній виробіток одного АТЗ, т/р.д.
	ЗК Джон Дір 9780	ПП Кінзе 850	НП Langerdorf	Трактор Джон Дір 8440	авто-тягач Iveco Trakker AT260T44	АТЗ КамАЗ 6520 AGROr	
Перевантажувальна технологічна схема	9	3	-	3	-	6	210
Перевезення напівпричепами	9	-	7	3	4	-	315

Список літератури

1. Зязев В. А. Перевозки сельскохозяйственных грузов автомобильным транспортом / Зязев В. А., Капанович М. С., Петров В. И. – М.: Транспорт, 1979. – 253 с.
2. Капанович М. С. Справочник по сельскохозяйственным транспортным работам / М. С. Капанович. – М.: Россельхозиздат, 1982. – 315 с.
3. Воркут А. И. Грузовые автомобильные перевозки / А. И. Воркут. – К.: Вища школа, 1986. – 447 с.
4. Измайлов А. Ю. Технологии и технические решения по повышению эффективности транспортных систем АПК / А. Ю. Измайлов. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2007. – 200 с.

References

1. Zyazev, V. A., Kaplanovych, M. S., Petrov, V. Y. (1979). Perevozky sel'skokhozyaystvennykh hruzov avtomobyl'ny'm transportom [Transportation of agricultural goods by road]. M.: Transport, 253.
2. Kaplanovych, M. S. (1982). Spravochnyk po sel'skokhozyaystvennym transportnym rabotam [Handbook of agricultural transport works]. M.: Rossel'khozyzdat, 315.
3. Vorkut, A. Y. (1986). Hruzovye avtomobyl'nye perevozky [Road freight]. K.: Vyshcha shkola, 447.
4. Yzmaylov, A. Yu. (2007). Tekhnolohyy y tekhnicheskyye reshenyya po povyshenyyu effektivnosti transportnykh system APK [Technology and technical solutions to improve the efficiency of transport systems APK]. M.: FHNU «Rosinformahrotekh», 200.

ПЕРСПЕКТИВНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СБОРОЧНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОЦЕССОВ

С. Г. Фришев, С. И. Козулиця, А. А. Воронков

Аннотация. Обосновано направление совершенствования сборочно-транспортных процессов с использованием оборотных

полуприцепов. Анализ технологической схемы перевозки зерна от комбайнов с использованием ПП позволяет выявить ряд недостатков, препятствующих достижению максимального эффекта, к числу которых можно отнести следующие: необходимость своевременного подъезда АТС ПП обуславливает простой АТС (до 36% от времени смены); необходимость выполнения дополнительной операции (в сравнении с технологией прямых перевозок) – перегрузки зерна из одного транспортного средства (прицепа-перегрузчика) в другой (большегрузный АТС); такая перегрузка зерна с использованием шнековых рабочих органов требует дополнительных энергозатрат, затрат времени и не исключает механическое повреждение зерна. Применение оборотных НП в составе автотракторных поездов обеспечивает повышение как производительности ЗК так и повышения производительности АТС. Основной проблемой внедрения такой технологии, которую нужно решить в следующей научно-исследовательской работе, является уменьшение уплотнения почвы полуприцепами как за счет постановки дополнительных задних колес трактора так и путем перераспределения зерна в кузове во время его перевозки в поле.

Ключевые слова: зерно, уборка, транспортировка, транспортные средства, оборотные полуприцепы, эффективность

PROMISING DIRECTION OF IMPROVING ASSEMBLY AND TRANSPORT PROCESSES

S. G. Fryshev, S. I. Kozupytsa, O. A. Voronkov

Abstract. *It justifies the direction of improving the assembly and transport processes using recycled trailers. Analysis of the technological scheme of transportation of grain from combines, using PP allows to identify a number of gaps in achievement of the maximum effect, among which are the following: the need for the timely entrance of ATM PP causes the ATM downtime (up to 36% of shift time), the need for further action (in comparison with the technology of direct transport) – grain transfer from one vehicle (trailer loader) to another (heavy ATM), this overload of grain with the use of screw working bodies require additional energy, time and does not preclude mechanical damage to the grain. The use of recycling of NP in the composition of the tractor trains provides improved performance of the LC and improve the performance of ATM. The main problem of implementing such technology that needs to be solved in the next research work is to reduce soil compaction semitrailers as through the formulation of additional rear tractor wheels and by redistribution of grains in the body during its transport in field.*

Key words: grain, harvesting, transportation, vehicle, automobile semi-trailer, efficiency

машин и оборудования АПВ Уманского национального университета садоводства.

Сделан вывод, что продолжение разработки систем автоматизированного проектирования технологических карт выращивания сельскохозяйственных культур для упрощения обмена технологиями между пользователями, донесения современных инновационных решений к каждому сельскохозяйственному производителю Украина является высокоперспективным.

Ключевые слова: технологическая карта, система автоматизированного проектирования, сельскохозяйственная культура, веб-ресурс

RATIONALE FUNCTIONALITY OF SYSTEM OF AUTOMATED DESIGN OF TECHNOLOGICAL MAPS IN CROP

A. V. Voytik, R. V. Wyhvatnjuk

Abstract. *Advanced tools for design automation technologies for growing crops in Ukraine and the world have considered. List of key capabilities such systems required for their functioning successfully in the development of modern information technology have justified.*

Showing results of development of computer-aided design technology cards with extended functionality at the site of the department of processes, machinery and equipment of AIP of Uman National University of Horticulture.

It is concluded that the continuation of the development of computer-aided design of technological maps of growing of crops to facilitate technology transfer between users, delivering advanced innovative solutions to every farmer in Ukraine is very perspective.

Key words: *technological map, computer-aided design, crop, web-resource*

УДК 659.002.1

ПЕРСПЕКТИВНИЙ НАПРЯМ УДОСКОНАЛЕННЯ ЗБИРАЛЬНО- ТРАНСПОРТНИХ ПРОЦЕСІВ

С. Г. Фришев, доктор технічних наук
С. І. Козупиця, кандидат технічних наук
О. А. Воронков, аспірант
e-mail: fryshev@mail.ru

Анотація. Обґрунтовано напрям удосконалення збирально-транспортних процесів із застосуванням обігових напівпричепів.

© С. Г. Фришев, С. І. Козупиця, О. А. Воронков, 2016

Аналіз технологічної схеми перевезення зерна від комбайнів з використанням ПП дозволяє виявити ряд недоліків, перешкоджаючих досягненню максимального ефекту, до числа яких можна віднести наступні: необхідність своєчасного під'їзду АТЗ до ПП обумовлює простій АТЗ (до 36% від часу зміни); необхідність виконання додаткової операції (в порівнянні з технологією прямих перевезень) – перевантаження зерна із одного транспортного засобу (причепи-перевантажувача) в інший (великовантажний АТЗ); таке перевантаження зерна із використанням шнекових робочих органів потребує додаткових енерговитрат, витрат часу та не виключає механічне пошкодження зерна. Застосування обігових НП в складі автотракторних поїздів забезпечує підвищення як продуктивності ЗК так і підвищення продуктивності АТЗ. Основною проблемою впровадження такої технології, яку потрібно вирішити в наступній науково-дослідній роботі, є зменшення ущільнення ґрунту напівпричепами як за рахунок постановки додаткових задніх коліс трактора так і шляхом перерозподілу зерна в кузові під час його перевезення в полі.

Ключові слова: *зерно, збирання, транспортування, транспортні засоби, обігові напівпричепи, ефективність*

Постановка проблеми. Введення в технологічну лінію між зернозбиральними комбайнами (ЗК) і автотранспортними засобами (АТЗ) під час збирання урожаю проміжної перевантажувальної ланки – міжопераційного компенсатора дозволяє суттєво, порівняно з прямими автомобільними перевезеннями зерна, скоротити час збирально-транспортних операцій і в цілому підвищити ефективність збирально-транспортного комплексу (ЗТК) головним чином за рахунок зменшення простоїв ЗК під час очікування розвантаження зерна з бункера. Роль таких мобільних компенсаторів виконують спеціалізовані тракторні причепи-перевантажувачі (ПП) (інша назва – перевантажувальні бункери-накопичувачі – ПБН, ПНБ) зі шнековими пристроями для розвантаження, а також автомобільні та тракторні універсальні причепи і напівпричепи [1–3] (рис. 1).

Найбільш розповсюдженим типом міжопераційних компенсаторів, що застосовують у виробництві, є ПП, який у складі ЗТК під час збирання зернових культур виконує наступний технологічний процес. Група комбайнів рухається по полю, і по мірі заповнення їх бункерів, зерно розвантажується в кузови ПП, які транспортують його на край поля для перевантаження у великовантажні АТЗ (рис. 2 – рис. 4), що здійснюють перевезення зерна у хлібоприймальний пункт (ХПП – тік або елеватор). Застосування шин низького тиску у ПП виключає ущільнення ґрунту колесами великовантажних АТЗ, які транспортують зерно у

приймальний пункт лише від краю поля. Підвищення продуктивності ЗК відбувається за рахунок зменшення часу їх простою для очікування розвантаження бункерів.

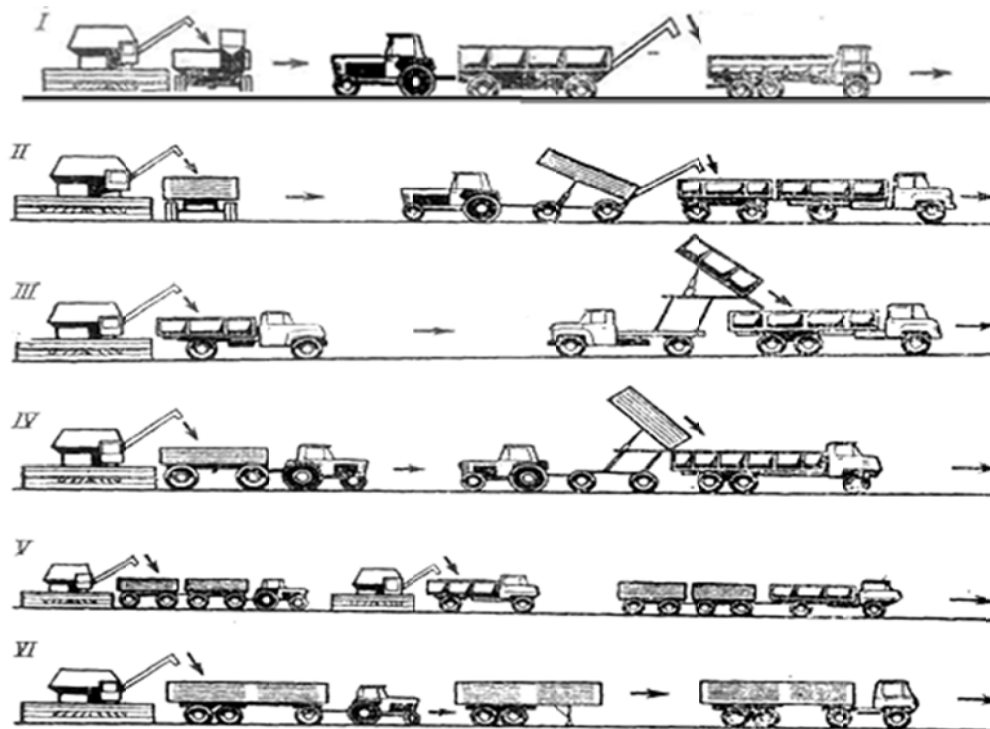


Рис. 1. Схеми перевезення зерна від комбайнів з використанням мобільних міжопераційних компенсаторів.



Рис. 2. Розвантаження зерна в ПП з бункера комбайна в ПП.



Рис. 3. Транспортування зерна на край поля.



Рис. 4. Вивантаження зерна на край поля в кузов великовантажного АТЗ.

Аналіз технологічної схеми перевезення зерна від комбайнів з використанням ПП дозволяє виявити ряд недоліків, перешкоджаючих досягненню максимального ефекту, до числа яких можна віднести наступні:

- необхідність своєчасного під'їзду АТЗ до ПП обумовлює простої АТЗ (до 36% від часу зміни [4]);

необхідність виконання додаткової операції (в порівнянні з технологією прямих перевезень) – перевантаження зерна із одного транспортного засобу (причепа-перевантажувача) в інший (великовантажний АТЗ); таке перевантаження зерна із використанням шнекових робочих органів потребує додаткових енерговитрат, витрат часу та не виключає механічне пошкодження зерна.

Аналіз останніх досліджень. З метою пошуку раціональних схем транспортування продукції урожаю від комбайнів нами застосовані дані аналізу роботи компенсаторів, які виконано Каплановичем М. С. [2]. Оскільки на перевезенні зерна можливо застосування ТЗ різних вантажностей, то для порівняльної їх оцінки доцільно визначати питому тривалість ЗТО, яка віднесена до 1 т перевезеного зерна:

$$t_{\text{нум}} = \frac{T_n}{q \cdot \gamma} = \frac{t_n + t_{\text{оч}} + t_{\text{п.ф.}} + t_{\text{пых}} + t_{\text{роз}}}{q \cdot \gamma}, \quad (1)$$

де: T_n – тривалість ЗТО, год; t_n – тривалість переїздів ТЗ по полю та завантаження зерном автомобіля [1, 2]:

$$t_n = 0,08 + 0,12\rho,$$

де: ρ – кількість бункерів зерна комбайна, яка розвантажується в кузов ТЗ; $t_{\text{пых}}$ – тривалість руху АТЗ від поля до ХПП і назад; $t_{\text{роз}}$ – тривалість розвантаження зерна в ХПП; $t_{\text{оч}}$, $t_{\text{п.ф.}}$ – тривалість відповідно очікування автомобілем завантаження зерном та переформування автотракторного поїзда (відчіплення – причіплення НП або причепів); q – номінальна вантажність ТЗ, т; γ – коефіцієнт статичного застосування вантажності.

На рис. 5 представлено отримані залежності питомої тривалості ЗТО від вантажності ТЗ [2]. Введення в технологічну лінію між комбайнами і транспортними засобами проміжної ланки дозволяє значно (в 2–5 рази) скоротити час збирально-транспортних операцій (ЗТО) порівняно з прямими автомобільними перевезеннями. Виробниче впровадження схеми V ускладнено реалізацією переформування багатоланкового автотракторного поїзда. Схеми I-IV, VI, мають практично однакові результати.

Метою досліджень є підвищення ефективності технології перевезення зерна від комбайнів шляхом обґрунтування перспективного напрямку удосконалення збирально-транспортних процесів.

Результати досліджень. З урахуванням позитивних оціночних показників і наявності певного технічного забезпечення, яке дозволяє проводити удосконалення на сучасному етапі, нами прийнято до наступних досліджень схема VI. Одним із варіантів такого удосконалення є застосування для транспортування НП трактора із сідельним зчіпним пристроєм (СЗП). Такий трактор не тільки ефективно буксирує напівпричіп в полі та має мінімальний час на «причіплення-відчіплення» НП, але і зменшує ущільнення ґрунту, оскільки частка ваги НП з зерном сприймається задніми колесами трактора, кількість яких при цьому збільшується. Характеристика тракторів із СЗП подана в табл. 1.

1. Характеристика тракторів із сідельним пристроєм

Параметри трактора	Модель трактора	
	ХТЗ-200-5	К-703 МА-12-02
Номінальна потужність к.с. (кВт)	210 (154,4)	350 (257)
Максимальне навантаження на сідло (СЗП), т	5	11
Висота сидла від рівня дороги, мм	1600	1900-2000

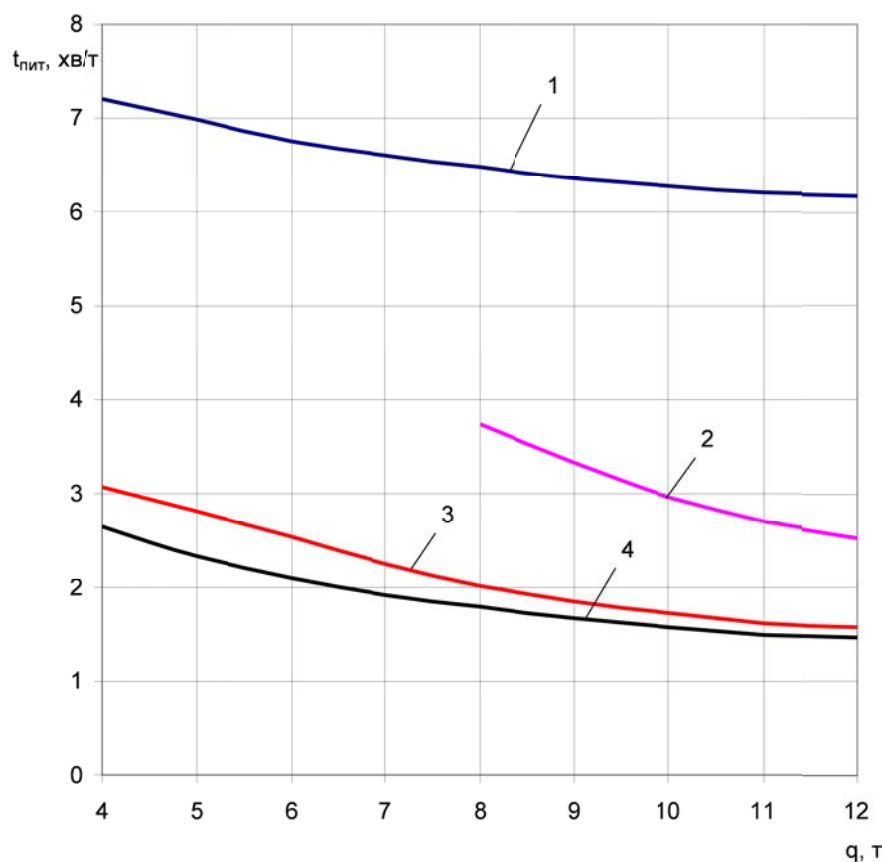


Рис. 5 Залежність питомої тривалості збирально-транспортних операцій: 1 – прямі автомобільні перевезення; 2 – перевезення по схемі V; 3 – перевезення по схемам I, II, III, IV; 4 – перевезення по схемі VI.

Таким чином, напівпричіп в поєднанні з трактором може виконувати функцію компенсатора – спеціалізованого транспортного засобу замість, наприклад причепів ПБН-30, ПБН-40, що дозволить знизити витрати на оренду або придбання необхідної техніки. Одночасно такі транспортні засоби використовуються як обігові НП та дозволяють організувати безперервну роботу АТЗ на ділянці «край поля – ХПП» шляхом застосування «складу на колесах».

НП в полі працює в складі тракторного транспортного агрегату, який містить трактор з сидельним зчипним пристроєм (сідло – ідентичне з авто-тягачами) (рис. 6), а на дорозі від поля до ХПП – з автомобілем-тягачем, як транспортний засіб. Після заповнення зерном НП перевозиться на край поля, відчіпляється і замінюється на пустий для подальшої роботи, а завантажені НП перевозяться тягачами на ХПП. Прикладом НП для роботи по даної схемі є напівпричіп самоскид НПС 2150 (зерновоз промислової компанії «Пожмашина») та НП Langendorf Tipper (рис. 7, рис. 8), які призначені для перевезення у складі автопоїзда з сидельним автотягачем зернових та інших насипних, навалочних сільськогосподарських вантажів: комбікормів, соломи, цукрових буряків та ін.



150K-09



б)К-703МА-12-02

Рис. 6. Трактори з сидельним пристроєм.

а) Т-



Рис. 7. Автомобільний напівпричіп-самоскид НПС 2150 (Україна) з автотягачем.



Рис. 8. Автомобільний напівпричіп-самоскид Langendorf Tipper (Бельгія) (вантажність 24,4 т).

Напівпричіп-самоскид НПС 2150 призначений для експлуатації з сідельними тягачами і обладнано гідравлічною системою для підйому кузова. Місткість кузова – 50 м³; маса (номінальна) вантажу, – до 25,8 т. Для розрахунку параметрів ЗТК розглянемо ритмічність роботи першої ланки: «ЗК – НП з трактором». Виходячи з основної вимоги поточності для групи комбайнів та одного ТПП, маємо:

$$R_K = I_H, \quad (2)$$

де: R_K – ритм роботи групи комбайнів, год.; I_H – інтервал надходження НП до місця взаємодії з технологічною машиною – комбайном, год.

Ритм роботи групи комбайнів в кількості m_K , якщо в НП завантажується ρ бункерів, тобто НП обслуговує ρ комбайнів ($\rho = m_K$), дорівнює:

$$R_K = \frac{1,11 t_B \rho}{m_K} = \frac{1,11 \omega_K d_B}{W_{KP}}, \text{ год.}, \quad (3)$$

де: t_B – час заповнення зерном бункера комбайна:

$$t_B = \frac{\omega_K d_B}{W_{KP}}, \text{ год.},$$

де: W_{KP} – продуктивність ЗК за 1 годину основного часу, т/год.; ω_K – об'єм бункера комбайна, м³; d_B – об'ємна маса зерна, т/м³.

Інтервал надходження НП до місця взаємодії з комбайнами:

$$I_H = t_{II} + t_{B-II} - \frac{\omega_K d_B}{W_{шк}} = 0,08 + 0,12\rho + t_{B-II} - \frac{\omega_K d_B}{W_{шк}}, \text{ год.}, \quad (4)$$

де: t_{B-II} – середня тривалість перечіпки (відчіплення – причеплення) НП; $t_{II} = 0,08 + 0,12\rho$ – тривалість їздки НП по полю [2]; $W_{шк}$ – продуктивність вивантажувального шнека ЗК, т/год.

Після підстановки значень з (3) та (4) в (2) одержимо:

$$\frac{1,11 \omega_K d_B}{W_{KP}} = 0,08 + 0,12\rho + t_{B-II} - \frac{\omega_K d_B}{W_{шк}}.$$

Звідси кількість бункерів зерна ЗК, що завантажується в НП, а також кількість ЗК, які обслуговуються одним НП, дорівнює:

$$\rho = INT(\omega_K \cdot d_B (\frac{9,25}{W_{KP}} + \frac{8,33}{W_{ШК}}) - 8,33t_{B-П} - 0,667), \text{ од.}, \quad (5)$$

де: INT – функція, що повертає найближче менше ціле значення.

Вибір вантажопідйомності НП виконується, виходячи з умови кратності вантажопідйомності кузова НП і бункера ЗК:

$$q_H \geq q_B \rho, \quad (6)$$

де: q_H – номінальна вантажопідйомність кузова обраного НП; q_B – маса зерна в бункері.

Друга умова вибору марки НП: місткість кузова ω_H обраного НП повинна бути кратною місткості бункера комбайна:

$$\omega_H \geq \omega_K \rho. \quad (7)$$

Виходячи з виразів (6), (7) вибираємо відповідну за вантажопідйомністю q_H марку НП.

Кількість НП з тракторами, які одночасно з комбайнами працюють в полі, дорівнює:

$$n_{НП} = CEILING \frac{m_K}{\rho}, \quad (8)$$

де: $CEILING$ – функція, що повертає найближче більше ціле значення.

Умова поточності другої ланки «НП – АТ» має такий вид:

$$R_2 = I_2, \quad (9)$$

де R_2 – ритм роботи НП з трактором, год.; I_2 – інтервал надходження АТ, год.

Ритм роботи НП з трактором визначається як:

$$R_2 = \frac{0,08 + 0,12\rho + 2t_{B-П}}{n_{НП}}, \text{ год.}, \quad (10)$$

Інтервал надходження АТ:

$$I_2 = \frac{t_{ОБ}}{n_{АТ}} = \frac{2t_{B-П} + \frac{2l_{ij}}{v_T} + t_{ВИБ}}{n_{АТ}}, \text{ год.}, \quad (11)$$

де: $t_{ОБ} = 2t_{B-П} + \frac{2l_{ij}}{v_T} + t_{ВИБ}$ – тривалість обороту АТ, год.; $n_{АТ}$ – кількість АТ,

од; $t_{ВИБ}$ – тривалість перебування АТ в пункті розвантаження, яка залежить від рівня механізації і організації робіт, год.; l_{ij} – відстань перевезення зерна з поля (пункту i) в приймальний пункт розвантаження (пункт j), км; v_T – середня технічна швидкість АТ на шляху від поля на тік, км/год.

Після підстановки значень з (10) та (11) в (9) та відповідного перетворення одержимо кількість автотягачів для перевезення зерна з рівняння:

$$n_{AT} = CEILING \frac{n_{HPI} t_{OB}}{0,08 + 0,12 \rho + 2t_{B-П}} = CEILING \frac{n_H (2t_{B-П} + \frac{2l_{ij}}{v_T} + t_{BIB})}{0,08 + 0,12 \rho + t_{B-П}}, \text{ од.}, \quad (12)$$

Загальна кількість НП, які потрібні для роботи ЗТК (рухаються, очікують причеплення та знаходяться під навантаженням) дорівнює кількості НП, що працюють у обох ланках: та визначається за формулою:

$$\Pi = \Pi_1 + \Pi_2, \text{ од.}, \quad (13)$$

де: Π_1, Π_2 – кількість НП відповідно у ланках «ЗК – НП з трактором» та «НП -АТ»:

$$\Pi_1 = n_{HPI}, \text{ од.}$$

Кількість НП у ланці «НП - АТ»:

$$\Pi_2 = n_{AT} (1 + \frac{(t_{BIB} + t_{B-П}) v_T}{2(l_{ij} + v_T t_{B-П})}), \text{ од.}, \text{ од.}$$

Після підстановки складових рівняння (13) отримаємо загальну кількість НП як:

$$\Pi = n_{HPI} + n_{AT} (1 + \frac{(t_{BIB} + t_{B-П}) v_T}{2(l_{ij} + v_T t_{B-П})}), \text{ од.}, \text{ од.} \quad (14)$$

Таким чином на підставі теоретичного аналізу роботи збирально-транспортного комплексу із обіговими автомобільними напівпричепами самоскидами обґрунтована методика визначення складу ЗТК. Порівняємо даний варіант технології збирання та перевезення зерна з найбільш прогресивною по темпам впровадження в Україні перевантажувальною технологією із використанням прицепа-перевантажувача у наступному прикладі. Розглянемо застосування технологічних схем збирання урожаю зерна з площі 2100 га зерновими комбайнами Джон Дір 9780 і перевезення зерна на приймальний пункт ($W_{KP} = 15,3 \text{ т/год.}$, $\omega_K = 10 \text{ м}^3$, $d_B = 0,75 \text{ т/м}^3$, урожайність $U = 6 \text{ т/га}$, кількість робочих днів для збирання зерна за агровимогами $D_P = 10$ днів, тривалість зміни $T_{3M} = 8 \text{ год.}$, коефіцієнт змінності $K_{3M} = 1,5$, відстань перевезення зерна $l_{ij} = 8 \text{ км}$, $v_T = 40 \text{ км/год.}$). В табл. 2 представлено розрахунковий склад та показники роботи машин двох ЗТК: для перевантажувальної технологічної схеми і для перевезення із застосуванням НП. З представлених даних видно, що використання НП, які працюють за напівчовниковим рухом у двох ланках: в полі та на дорозі, забезпечує мінімальні простой транспортних засобів. Це дозволяє в 1,5 рази підняти їх продуктивність та відповідно зменшити кількість автотягачів і скоротити витрати палива.

Висновок. Застосування обігових НП в складі автотракторних поїздів забезпечує підвищення як продуктивності ЗК так і підвищення продуктивності АТЗ. Основною проблемою впровадження такої технології, яку потрібно вирішити в наступній

науково-дослідної роботі, є зменшення ущільнення ґрунту напівпричепами як за рахунок постановці додаткових задніх коліс трактора так і шляхом перерозподілу зерна в кузові під час його перевезення в полі.

2. Порівняльні техніко-експлуатаційні та кількісні показники роботи ЗТК за перевантажувальною технологічною схемою та перевезеннями з використанням НП

Варіанти ЗТТ	Склад і кількість машин, од.						Середній виробіток одного АТЗ, т/р.д.
	ЗК Джон Дір 9780	ПП Кінзе 850	НП Ландердорф	Трактор Джон Дір 8440	авто-тягач Iveco Trakker AT260T44	АТЗ КамАЗ 6520 AGROr	
Перевантажувальна технологічна схема	9	3	-	3	-	6	210
Перевезення напівпричепами	9	-	7	3	4	-	315

Список літератури

1. Зязев В. А. Перевозки сельскохозяйственных грузов автомобильным транспортом / Зязев В. А., Капанович М. С., Петров В. И. – М.: Транспорт, 1979. – 253 с.
2. Капанович М. С. Справочник по сельскохозяйственным транспортным работам / М. С. Капанович. – М.: Россельхозиздат, 1982. – 315 с.
3. Воркут А. И. Грузовые автомобильные перевозки / А. И. Воркут. – К.: Вища школа, 1986. – 447 с.
4. Измайлов А. Ю. Технологии и технические решения по повышению эффективности транспортных систем АПК / А. Ю. Измайлов. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2007. – 200 с.

References

1. Zyazev, V. A., Kaplanovych, M. S., Petrov, V. Y. (1979). Perevozky sel'skokhozyaystvennykh hruzov avtomobyl'nym transportom [Transportation of agricultural goods by road]. M.: Transport, 253.
2. Kaplanovych, M. S. (1982). Spravochnyk po sel'skokhozyaystvennym transportnym rabotam [Handbook of agricultural transport works]. M.: Rossel'khozyzdat, 315.
3. Vorkut, A. Y. (1986). Hruzovye avtomobyl'nye perevozky [Road freight]. K.: Vyshcha shkola, 447.
4. Yzmaylov, A. Yu. (2007). Tekhnolohyy y tekhnicheskyye reshenyya po povyshenyyu efektyvnosti transportnykh system APK [Technology and technical solutions to improve the efficiency of transport systems APK]. M.: FGNU «Rosinformahrotekh», 200.

ПЕРСПЕКТИВНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СБОРОЧНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОЦЕССОВ

С. Г. Фришев, С. И. Козулиця, А. А. Воронков

Аннотация. Обосновано направление совершенствования сборочно-транспортных процессов с использованием оборотных

полуприцепов. Анализ технологической схемы перевозки зерна от комбайнов с использованием ПП позволяет выявить ряд недостатков, препятствующих достижению максимального эффекта, к числу которых можно отнести следующие: необходимость своевременного подъезда АТС ПП обуславливает простой АТС (до 36% от времени смены); необходимость выполнения дополнительной операции (в сравнении с технологией прямых перевозок) – перегрузки зерна из одного транспортного средства (прицепа-перегрузчика) в другой (большегрузный АТС); такая перегрузка зерна с использованием шнековых рабочих органов требует дополнительных энергозатрат, затрат времени и не исключает механическое повреждение зерна. Применение оборотных НП в составе автотракторных поездов обеспечивает повышение как производительности ЗК так и повышения производительности АТС. Основной проблемой внедрения такой технологии, которую нужно решить в следующей научно-исследовательской работе, является уменьшение уплотнения почвы полуприцепами как за счет постановке дополнительных задних колес трактора так и путем перераспределения зерна в кузове во время его перевозки в поле.

Ключевые слова: зерно, уборка, транспортировка, транспортные средства, оборотные полуприцепы, эффективность

PROMISING DIRECTION OF IMPROVING ASSEMBLY AND TRANSPORT PROCESSES

S. G. Fryshev, S. I. Kozupytsa, O. A. Voronkov

Abstract. *It justifies the direction of improving the assembly and transport processes using recycled trailers. Analysis of the technological scheme of transportation of grain from combines, using PP allows to identify a number of gaps in achievement of the maximum effect, among which are the following: the need for the timely entrance of ATM PP causes the ATM downtime (up to 36% of shift time), the need for further action (in comparison with the technology of direct transport) – grain transfer from one vehicle (trailer loader) to another (heavy ATM), this overload of grain with the use of screw working bodies require additional energy, time and does not preclude mechanical damage to the grain. The use of recycling of NP in the composition of the tractor trains provides improved performance of the LC and improve the performance of ATM. The main problem of implementing such technology that needs to be solved in the next research work is to reduce soil compaction semitrailers as through the formulation of additional rear tractor wheels and by redistribution of grains in the body during its transport in field.*

Key words: grain, harvesting, transportation, vehicle, automobile semi-trailer, efficiency

ОГЛЯД ТЕОРЕТИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ПРОЦЕСУ ВНЕСЕННЯ РІДКИХ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ

В. Б. Онищенко, кандидат технічних наук

І. С. Любченко, аспірантка*

e-mail: lub4enko11@mail.ru

Анотація. На сьогодні однією з перспективних технологій внесення добрив є технологія внесення рідких добрив обприскувачем польових культур. Для позакореневого живлення використовують достатньо концентровані розчини хімічних сполук, що активно впливають на рослини. Будь-яка помилка може призвести до порушення фізіологічних процесів, що відбувається у рослині, до опіків листя і втрати врожаю. Проведений огляд теоретичних досліджень процесу руху, випаровування та осідання краплин робочої рідини. Розглянуто математичну модель руху краплин змінної маси під дією повітряного потоку з градієнтом швидкості, закономірності знесення і осідання краплин робочої рідини залежно від швидкості вітру. Рішення моделі руху краплі змінної маси у вигляді нелінійних диференціальних рівнянь дозволяє визначити основні параметри процесу осідання крапель під дією повітряного потоку. Проведений огляд показав, що автори не враховували рух краплин рідких мінеральних добрив, у повітряному просторі. Розмір краплин має становити >503 мкм, так як менші краплі затримуються на рослинах та спричиняють опіки. Отримані у роботі результати можуть у подальшому бути використані для уточнення і вдосконалення способів внесення добрив.

Ключові слова: *краплини робочої рідини, випаровування, осідання, знесення, теоретичні дослідження*

Постановка проблеми. На сьогодні однією з перспективних технологій внесення добрив є технологія внесення рідких добрив обприскувачем польових культур. Для позакореневого живлення ми використовуємо достатньо концентровані розчини хімічних сполук, що активно впливають на рослини. Будь-яка помилка може призвести до порушення фізіологічних процесів, що відбувається у рослині, до опіків листя і втрати врожаю.

Американська спільнота інженерів у сільському господарстві та біології (ASABE) розробила стандарт ASABE S572 для виміру та інтерпретації якості розпилу з наконечника. У стандарті використовується вісім категорій крапель, шість з яких прийняті для сільського господарства [7]. Для рідких добрив рекомендовано

*Науковий керівник – кандидат технічних наук В. Б. Онищенко

© В. Б. Онищенко, І. С. Любченко, 2016

використовувати краплі надзвичайно великого (503-665 мкм) та ультра великого (>665 мкм) розміру.

Аналіз останніх досліджень. Питанням знесення, випаровування і відкладення краплин робочої рідини присвячені роботи О. С. Барановського, В. А. Бородіна, І. Н. Велецького, Д. Г. Войтюка, В. Ф. Дунського, І. П. Масла, О. І. Малежика, Б. В. Онищенко, В. М. Поліщука, В. А. Саніна, Ю. А. Спірідонова, Ж. М. Судіта, І. І. Сушка, М. К. Тарновича, С. Д. Шеруда та ін.

М. П. Заїка в своїх працях [1] склав диференційні рівняння руху краплини та інтегрував їх. При цьому одержав залежності для швидкості, переміщення і часу руху краплини.

Результати досліджень. Осідання краплини можна моделювати рухом падаючого тіла в середовищі з опором. Спочатку розглянемо вплив опору повітря на рух краплини, що падає на землю, в нерухомому повітряному середовищі (рис. 1). Зроблено припущення, що краплина вагою $G = mg$ падає вертикально вниз у повітрі з деякої висоти (точки О) з початковою швидкістю, яка дорівнює нулю. Точку О взято за початок координат, при чому вісь ox цієї системи координат спрямовуємо вниз. Крім сили ваги на краплю діє також сила опору повітря R_c .

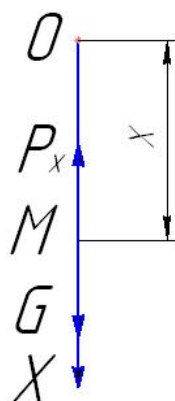


Рис. 1. Сили, які діють на краплину, що опускається вертикально вниз в середовищі з опором.

Диференційне рівняння руху краплини записали у такому вигляді:

$$m\ddot{x} = mg - R_c, \quad (1)$$

де: m – маса краплини.

Початкові умови руху мали такий вигляд:

$$\text{при } t_0=0, x_0=0. \quad (2)$$

Сила опору повітря пропорційна другому ступені швидкості руху краплини:

$$R_c = k^2 G v^2, \quad (3)$$

де: $v = x'$ – швидкість руху краплі, k – коефіцієнт опору ($k > 0$).

У результаті інтегрування диференційного рівняння (1) при початкових умовах (3) і з урахуванням (4) одержано вираз для швидкості, переміщення і часу руху в такому вигляді:

$$V = \frac{1}{k} \cdot \frac{1 - e^{-2kgt}}{1 + e^{-2kgt}}, \quad (4)$$

$$S = \frac{1}{\alpha} \ln \frac{e^{\sqrt{g\alpha}t} + e^{-\sqrt{g\alpha}t}}{2}, \quad (5)$$

$$t = \frac{1}{2\sqrt{g\alpha}} \ln \frac{\sqrt{g} + v\sqrt{\alpha}}{\sqrt{g} - v\sqrt{\alpha}}, \quad (6)$$

де: $\alpha = k^2 \cdot g$.

Недоліком цієї моделі є відсутність бокового повітряного потоку, а також те що краплина має початкову швидкість рівну нулю.

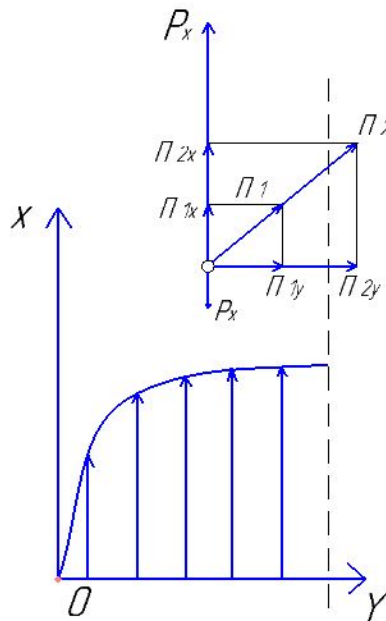


Рис. 2. Схема сил, що діють на краплину під час її польоту в вертикальному каналі.

В роботах О. І. Малежика [3] побудована математична модель руху і випаровування краплин.

Рівняння руху краплини в проекціях на осі координат x , y , z :

$$\frac{dV_{xijk}}{dt} = -\frac{3}{4} \cdot \frac{C_{ijk} \cdot \Psi_{ijk}}{d_{ijk}} \cdot \frac{\rho_n}{\rho} (V_{xijk} - U_x) \cdot |V - U|_{ijk} \quad (7)$$

$$\frac{dV_{yijk}}{dt} = -\frac{3}{4} \cdot \frac{C_{ijk} \cdot \Psi_{ijk}}{d_{ijk}} \cdot \frac{\rho_n}{\rho} (V_{yijk} - U_y) \cdot |V - U|_{ijk} \quad (8)$$

$$\frac{dV_{zijk}}{dt} = -\frac{3}{4} \cdot \frac{C_{ijk} \cdot \Psi_{ijk}}{d_{ijk}} \cdot \frac{\rho_n}{\rho} (V_{zijk} - U_z) \cdot |V - U|_{ijk} \quad (9)$$

$$\frac{d}{dt} d_{ijk} = 2 - \frac{\beta_{ijk}}{\rho} (\rho_n^\theta - \rho_{в.п.}) \quad (10)$$

де: β_{ijk} – коефіцієнт масовіддачі краплини, ρ_n^θ – густина насиченої водяної пари біля краплини, $\rho_{в.п.}$ – густина водяної пари в атмосфері.

Дана система диференціальних рівнянь враховує і боковий вітер, і випаровування краплини, і градієнт швидкості вітру по висоті. Але не враховує силу Магнуса та підйомну силу, яка виникає при градієнті швидкості вітру. Ф. Г. Зуєв [2] склав систему диференціальних рівнянь руху частинки в трубці, а В. М. Поліщук в [5] використав її для визначення руху краплини в розпилювачі типу сопла Вентурі.

Рівняння руху краплини в вертикальному каналі [2]:

$$\begin{aligned} M_k \frac{dv_k}{dt} &= P_x + P_g + \Pi_1 + \Pi_2, \\ J \frac{dw}{dt} &= M_c, \quad \frac{dx}{dt} = v_{k,x}, \quad \frac{dy}{dt} = v_{k,y}, \quad \frac{d\psi}{dt} = w. \end{aligned} \quad (11)$$

Підставивши в (11) вирази, що описують сили:

- сила аеродинамічного опору $P_x = C_k A_k [(\rho \bar{v}^2)/2]$;

де: C_k – коефіцієнт аеродинамічного опору частинки; A_k – площа меделового перетину, m^2 ; ρ – густина повітря, kg/m^3 ; v – швидкість повітряного потоку, m/s .

- сила тяжіння $P_g = M_k g$;

де: M_k – маса краплини, kg ; g – прискорення вільного падіння, m/s^2 .

- Π_1 підйомна сила, що виникає при наявності градієнта швидкості потоку;

- Π_2 сила яка зумовлена силою Магнуса, а також врахувавши те, що момент сили визначається як $M_c = a \cdot P_x$, де плече сил відносно центра мас знаходиться за формулою $a = 0,125 R_k \cdot [(r_0 - y)/(r_0 - R_k)]$.

Остаточні рівняння руху в проекціях на осі координат x, y :

$$\begin{aligned} M_k \frac{dv_k}{dt} &= \frac{1}{2} \pi \rho_\Gamma R_k^2 C_k \left[v_{\Gamma, max} \left(\frac{y}{r_0} \right)^{1/7} - v_{k,x} \right] \left| \left[v_{\Gamma, max} \left(\frac{y}{r_0} \right)^{1/7} - v_{k,x} \right] \right| \\ &+ \frac{4}{21} \pi \rho_\Gamma R_k^3 \frac{v_{g, max}}{r_0^{1/7} y^{6/7}} v_{k,y} + \frac{8}{3} \pi \rho_\Gamma R_k^3 w v_{k,y} + M_k g \cdot \sin(-\theta) \\ M_k \frac{dv_y}{dt} &= \frac{1}{2} \pi \rho_\Gamma R_k^2 C_k v_{k,y} |v_{k,y}| + \frac{4}{21} \pi \rho_\Gamma R_k^3 \frac{v_{g, max}}{r_0^{1/7} y^{6/7}} \left[v_{\Gamma, max} \left(\frac{y}{r_0} \right)^{1/7} - v_{k,x} \right] \\ &+ \frac{8}{3} \pi \rho_\Gamma R_k^3 w \left[v_{\Gamma, max} \left(\frac{y}{r_0} \right)^{1/7} - v_{k,x} \right] + M_k g \cdot \cos \theta \\ J \frac{dw}{dt} &= 0,0625 \pi \rho_\Gamma R_k^3 \frac{r_0 - y}{r_0 - R_k} C_k \left[v_{\Gamma, max} \left(\frac{y}{r_0} \right)^{1/7} - v_{k,x} \right] \left| \left[v_{\Gamma, max} \left(\frac{y}{r_0} \right)^{1/7} - v_{k,x} \right] \right| \\ \frac{dx}{dt} &= v_{k,x} \quad \frac{dy}{dt} = v_{k,y} \quad \frac{d\psi}{dt} = w. \end{aligned} \quad (12)$$

Перші члени правої частини перших двох рівнянь визначають силу аеродинамічного опору P_{1x} , другі і треті відповідно сили Π_1 і Π_2 , четверті – силу тяжіння P_g . Наведена система нелінійних диференціальних рівнянь описує рух краплини в потоці, що обмежений координатами $0,5 R_x \leq y \leq r_0$. Якщо краплина потрапляє в іншу

половину потоку, деякі сили змінюють свій напрямок: напрямок дії сили P_x у будь якій точці потоку збігатиметься із напрямком потоку; при координаті центра мас краплини $y > r_0$ напрямок складових Π_{1x} і Π_{1y} бокової сили змінюється; тому в рівнянні (12) перед виразами для цих сил знак повинен бути змінений на протилежний; проекція сили Π_{2x} змінює знак при зміні напрямку кутової швидкості чи знаку проекції відносно швидкості на вісь Y , а проекція сили Π_{2y} змінює знак при зміні знаку w ; напрямок моменту при значенні $y > r_0$ змінюється на протилежний; напрямок сили опору що діє у здовж осі Y , визначається знаком v_y ; залежність (12) в поперечному перерізі трубопроводу справедлива тільки до значення $y = r_0$, тому при розв'язанні системи рівнянь (12), якщо $y > r_0$, необхідно замість y при вибраній системі координат підставляти значення $y_i = r_0 - \Delta y_i$, де y_i – відстань від осі до потоку центра мас краплини [2]. Дана система диференціальних рівнянь враховує і боковий вітер, і градієнт швидкості вітру і сили, які виникають при градієнті, але в закритому просторі каналу типу сопла Вентурі. Онищенко Б. В. [4] розробив модель руху краплі змінної маси у вигляді нелінійних диференціальних рівнянь, рішення якої дозволяє визначити основні параметри процесу осідання крапель під дією повітряного потоку.

Рівняння руху краплини змінної маси, яка здійснює обертовий рух при надходженні в повітряному потоці з градієнтом швидкості в проекціях на осі просторової системи координат має такий вигляд:

$$\begin{aligned}
 \frac{dU_x}{dt} &= \frac{\frac{1}{8}\rho_n c \sqrt{\left[V_B \left(\frac{z}{h}\right)^{\frac{6}{25}} - U_x\right]^2 + U_y^2 + U_z^2} \left[V_B \left(\frac{z}{h}\right)^{\frac{6}{25}} - U_x\right] - \frac{8}{100}\rho_n r \frac{V_B}{h^{\frac{6}{25}} r^{\frac{19}{25}}} |U_z| - \frac{8}{12}\rho_n r U_z \omega}{\rho_p \frac{1}{3}r} - U_x \frac{dr}{dt}; \\
 \frac{dU_y}{dt} &= \left(\frac{3}{8}\rho_n c \sqrt{\left[V_B \left(\frac{z}{h}\right)^{\frac{6}{25}} - U_x\right]^2 + U_y^2 + U_z^2} U_y - 3U_y \rho_p \frac{dr}{dt} \right) \frac{1}{r \rho_p} + \\
 &\quad \frac{8}{100}\rho_n r \frac{V_B}{h^{\frac{6}{25}} r^{\frac{19}{25}}} \left[V_B \left(\frac{z}{h}\right)^{\frac{6}{25}} - U_x\right] + \frac{8}{12}\rho_n r \omega \left[V_B \left(\frac{z}{h}\right)^{\frac{6}{25}} - U_x\right] + \\
 &\quad + \frac{1}{8}\rho_n c |U_z| \sqrt{\left[V_B \left(\frac{z}{h}\right)^{\frac{6}{25}} - U_x\right]^2 + U_y^2 + U_z^2} - \frac{1}{3}r \rho_p g \\
 \frac{dU_z}{dt} &= \frac{\frac{1}{8}\rho_n c \sqrt{\left[V_B \left(\frac{z}{h}\right)^{\frac{6}{25}} - U_x\right]^2 + U_y^2 + U_z^2} U_z - \frac{1}{3}r \rho_p g}{\rho_p \frac{1}{3}r} - U_z \frac{dr}{dt}; \\
 \frac{d\omega}{dt} &= \frac{0,097\rho_i c \frac{(h-z)}{h+r} \left[V_A \left(\frac{z}{h}\right)^{\frac{6}{25}} - U_x\right]^2 - \frac{8}{3}\rho_\delta r \omega \frac{dr}{dt}}{\frac{8}{15} \cdot r^2 \cdot \rho_\delta}; \\
 \frac{dr}{dt} &= -\left(\frac{D}{\rho_p r}\right) \left(C_0 - C_1\right) \left(1 + 0,276 \text{Re}^{\frac{1}{2}} \text{Sc}^{\frac{1}{3}}\right)
 \end{aligned} \tag{13}$$

Висновок. Проведений аналіз показав, що автори не враховували рух краплин рідких мінеральних добрив у повітряному просторі від розпилювача до рослин та особливості їх розподілу по поверхні рослинного покриву.

Список літератури

1. *Заїка М. П.* Теорія сільськогосподарських машин / *М. П. Заїка*. – Харків: Око, 2002. – Т. 1 (Ч. 4). – 272 с.
2. *Зуєв Ф. Г.* Пневматическое транспортирование на зерноперерабатывающих предприятиях / *М. П. Заїка*. – М.: Колос, 1976. – 344 с.
3. *Малежика О. І.* Покращення дисперсності розпилення пестицидів : дис. канд. техн. наук / *О. І. Малежика*. – Дніпропетровськ: ДДАУ, 2009. – 180 с.
4. *Онищенко В. Б.* Обґрунтування розпилювального пристрою обприскувача з ступеневим регулюванням дисперсності розпилення : дис. канд. техн. наук / *В. Б. Онищенко*. – К.: НУБіП України, 2011. – 168 с.
5. *Поліщук В. М.* Обґрунтування параметрів пневмогідравлічної системи дозування робочої рідини в обприскувачах : дис. канд. техн. наук / *В. М. Поліщук*. – Глеваха: ІМЕСГ, 2005. – 180 с.
6. *Hypro*. Каталог насосов, наконечников для распыления и аксессуаров. HYP 01RU/Hypro EU Limited. – Cambridge 2013. – 180 с.
7. ASABE S572.1 Droplet Size Classification.

References

1. *Zayika, M. P.* (2002). *Teoriya sil's'kohospodars'kykh mashyn* [Theory of agricultural machines]. Kharkiv: Oke, T. 1 (Ch. 4), 272.
2. *Zuyev, F. H.* (1976). *Pnevmatycheskoe transportyrovanye na zernopererabatyvayushchykh predpriyatyakh* [Pneumatic transportation of grain handling companies]. M.: Kolos, 344.
3. *Malezhyka, O. I.* (2009). *Pokrashchennya dyspersnosti rozpylennya pestytsydiv* [Improving the dispersity of spraying pesticides] : dys. kand. tekhn. nauk. Dnipropetrovs'k: DDAU, 180.
4. *Onyshchenko, V. B.* (2011). *Obhruntuvannya rozpylyuval'noho prystroyu obpryskuvacha z stupenevym rehulyuvannyam dyspersnosti rozpylennya* [Rationale the spray device sprayer with adjustable steps, the dispersion of the spray] : dys. kand. tekhn. nauk. K.: NUBiP Ukrainy, 168.
5. *Polishchuk, V. M.* (2005). *Obhruntuvannya parametriv pnevmohidravlichnoyi systemy dozuvannya robochoyi ridyny v obpryskuvachakh* [Justification of parameters pneumohydraulic metering system of the working fluid sprayers] : dys. kand. tekhn. nauk. Hlevakha: IMES-H, 180.
6. *Hypro*. (2013). *Kataloh nasosov, nakonechnykov dlya raspylenyya y aksessuarov*. HYP 01RU/Hypro EU Limited. Cambridge, 180.
7. ASABE S572.1 Droplet Size Classification.

ОБЗОР ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРОЦЕССА ВНЕСЕНИЯ ЖИДКИХ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

В. Б. Онищенко, И. С. Любченко

Аннотация. Сегодня одной из перспективных технологий внесения удобрений является технология внесения жидких удобрений опрыскивателем полевых культур. Для внекорневой подкормки используют достаточно концентрированные

растворы химических соединений, которые активно влияют на растения. Любая ошибка может привести к нарушению физиологических процессов, которые происходят в растении, к ожогам листьев и потери урожая. Проведен обзор теоретических исследований процесса движения, испарения и оседания капель рабочей жидкости. Рассмотрена математическая модель движения капель переменной массы под действием воздушного потока с градиентом скорости, получены закономерности сноса и осадки капель рабочей жидкости в зависимости от скорости ветра. Решение модели движения капель переменной массы в виде нелинейных дифференциальных уравнений позволяет определить основные параметры процесса оседания капель под действием воздушного потока. Проведенный обзор показал, что авторы не учитывали движение капель жидких минеральных удобрений, в воздушном пространстве. Размер капель должен составлять >503 мкм, так как меньшие капли задерживаются на растениях и вызывают ожоги. Полученные в работе результаты могут в дальнейшем быть использованы для уточнения и совершенствования способов внесения удобрений.

Ключевые слова: капли рабочей жидкости, испарения, оседания, снос, теоретические исследования

REVIEW OF THEORETICAL STUDIES OF PROCESS OF LIQUID MINERAL FERTILIZERS

V. B. Onishchenko, I. S. Lyubchenko

Abstract. Today one of the most advanced technology is application of liquid fertilizer by sprayer. For top-dressing are using concentrated solutions of chemical compounds that actively affect the plant. Any error may affect the physiological processes that occurs in the plant, burns the leaves and crop losses. There was conducted a review of theoretical research process of movement, evaporation and deposition of drops. Considered mathematical model of variable mass drops under the action of air flow with velocity gradient and obtaining demolition and settlement patterns of fluid droplets depending on the wind speed. The decision of model motion drop of variable mass in the form of nonlinear differential equations can determine the main parameters of subsidence drops under air flow. The review showed that the authors didn't consider the motion of drops of liquid fertilizer in the airspace. Size droplets should be > 503 microns, because smaller droplets trapped on the plants and cause burns. Obtained in the results can subsequently be used to refine and improve methods of fertilization.

Key words: fluid droplets, evaporation, deposition, demolition, theoretical research

РОЗРАХУНОК ПАЛИВНОЇ ЕКОНОМІЧНОСТІ І ЕКОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ТРАНСПОРТНОГО ПРОЦЕСУ ПІД ЧАС ЗБИРАННЯ ВРОЖАЮ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР

***М. В. Семененко, кандидат технічних наук
e-mail: mary-scorp@yandex.ua***

Анотація. В статті запропоновано розрахунковий метод визначення паливної економічності та екологічних показників транспортного процесу в залежності від різних факторів. Встановлено можливість покращення паливної економічності і екологічних показників транспортного процесу під час збирання врожаю зернових культур та транспортування до зерносховищ, за рахунок вибору оптимальних параметрів експлуатації автомобілів. Таким чином, маса викидів окремих компонентів вихлопних газів визначається як сума викидів в залежності від різних експлуатаційних умов.

По перше, коли автотранспорт знаходиться на полі, чекаючи поки розвантажиться комбайн і пересування по полю на малій швидкості, до того ж сюди можна віднести перебування автотранспорту на зерносховищі, очікуючи зважування і в процесі зважування, а так само розвантаження кузова з включеним двигуном. По друге, час, який автотранспорт витрачає на рух від поля до зерносховища, даний час обумовлено великими пробігами автотранспорту і допустимо високою швидкістю.

Встановлено можливість покращення паливної економічності і екологічних показників транспортного процесу під час збирання врожаю зернових культур та транспортування до зерносховищ, за рахунок вибору оптимальних параметрів експлуатації автомобілів. Наданий метод розрахунку дає можливість точніше, ніж звичайні методи, визначити витрати палива та викиди шкідливих речовин від автотранспортних засобів в особливих експлуатаційних умовах, що дасть змогу удосконалити прямі автомобільні перевезення та зробити їх менш витратними і більш ефективними.

Ключові слова: *метод, паливна економічність, екологічні показники, зерно*

Постановка проблеми. Українські аграрії в 2015 році намолотили близько 60 млн.тонн зерна. Під час прибиранні врожаю, транспортному процесу відводиться значне місце. У свою чергу

© М. В. Семененко, 2016

транспорт є одним з основних джерел забруднення атмосферного повітря та завдає істотної шкоди здоров'ю людей, екосистемам, спорудам і будівлям. У всьому світі проводиться активна робота зі зниження кількості шкідливих викидів від автотранспорту. Актуальна ця проблема і для України.

Мета досліджень – розробка методики визначення викиду шкідливих речовин від автотранспорту під час зернозбиральних робіт та обґрунтувати можливість зменшення екологічного напруження та зниження витрати палива.

Результати досліджень. Ефективність прибирання врожаю значною мірою визначається рівнем його транспортного обслуговування, що характеризується великим обсягом перевезень в короткі терміни, і зокрема ефективною експлуатації автотранспортних засобів. Високий рівень сезонності, короткі строки збирання, незадовільний технічний стан більшості автотранспортних засобів створюють великі проблеми з транспортування зерна від комбайна на зерносховище. Для забезпечення ефективного управління транспортними процесами під час перевезення зерна, необхідно користуватися науковими основами оптимізації транспортних потоків, визначення резервів скорочення витрат в системі «поле – транспорт – зерносховище», які враховують динамічність циклічних процесів та вихідної інформації.

Незважаючи на значну кількість робіт з даної тематики, на даний момент є можливості щодо підвищення ефективності використання автотранспортних засобів, удосконалення організації, планування та управління процесом перевезення.

Зокрема, більшість робіт пропонують різні способи перевезення зерна, вважаючи прямі перевезення автомобільним транспортом застарілими і не перспективними. Але якщо удосконалити організацію збиральної кампанії, застосувати нові методи розрахунку витрати палива та викидів шкідливих речовин, то прямі автомобільні перевезення будуть менш витратними і більш ефективними. Під час збиральної кампанії задіяна велика кількість вантажного автотранспорту, значна частина якого не задовольняє вимогам екологічних норм Євро.

В процесі перевезення зерна з поля на зерносховище, автотранспортні засоби роблять великі пробіги і простої з працюючим двигуном на полі в очікуванні розвантаження комбайна і на зерносховище в очікуванні розвантаження зерна. В сукупності цих двох факторів, застарілих автотранспортних засобів і роботи у важких умовах, автотранспорт викидає велику кількість шкідливих речовин в атмосферу. Враховуючи вищесказане, необхідно враховувати специфіку перевезення зерна для визначення витрати палива та маси викидів забруднень автотранспортом.

Визначати масу викиду шкідливих речовин автотранспортом необхідно, з урахуванням особливостей перевезень зерна, які можна розкласти на дві складові:

- час, коли автотранспорт знаходиться на полі, чекаючи поки розвантажиться комбайн і пересування по полю на малій швидкості, до того ж сюди можна віднести перебування автотранспорту на зерносховищі, очікуючи зважування і в процесі зважування, а так само розвантаження кузова з включеним двигуном;

- час, який автотранспорт витрачає на рух від поля до зерносховища, даний час обумовлено великими пробігами автотранспорту і допустимо високою швидкістю.

Таким чином, масу викидів шкідливих речовин, слід визначати окремо для кожної складової перевезення. Відомо, що рух автомобіля, характеризується постійною зміною режимів роботи двигуна, такими як: робота двигуна в режимі холостого ходу, примусового холостого ходу, розгону, гальмування і усталеного руху. Основну частину часу двигун працює в неусталених режимах, які характеризуються підвищеною витратою палива і значно вищими викидами шкідливих речовин. Основні показниками, які характеризують роботу автомобіля в експлуатації, є: паливна економічність і токсичність відпрацьованих газів. Як відомо, токсичність і витрата палива бензинового двигуна і дизеля значно відрізняється, тому є досить важливим питання впливу типу двигуна на паливну економічність та екологічні показники. Розглянемо визначення шкідливих викидів і витрати палива автомобілем з дизельним двигуном в процесі розгону.

Визначити час розгону Δt , а також середні значення параметрів, які визначають режим роботи дизеля можливо шляхом розв'язання системи диференціальних рівнянь, які описують розгін автомобіля в різних періодах. В якості параметрів, які описують роботу дизеля обрані частота обертання n_d і ефективний крутний момент M_k . Поліноміальні залежності другого степеня, які описують показники роботи дизеля (витрату повітря $G_{\text{пов}}$ (кг/год), концентрації шкідливих речовин у відпрацьованих газах: оксиду вуглецю CO (%), вуглеводневих сполук $C_m H_n$ (млн⁻¹), оксидів азоту NO_x (млн⁻¹), димність N (%)), мають наступний вигляд:

$$G_{\text{пов}} = e_0 + e_1 \cdot n_d + e_2 \cdot M_k + e_{11} \cdot n_d^2 + e_{22} \cdot M_k^2 + e_{12} \cdot n_d \cdot M_k, \quad (1)$$

$$CO = f_0 + f_1 \cdot n_d + f_2 \cdot M_k + f_{11} \cdot n_d^2 + f_{22} \cdot M_k^2 + f_{12} \cdot n_d \cdot M_k, \quad (2)$$

$$C_m H_n = g_0 + g_1 \cdot n_d + g_2 \cdot M_k + g_{11} \cdot n_d^2 + g_{22} \cdot M_k^2 + g_{12} \cdot n_d \cdot M_k, \quad (3)$$

$$NO_x = h_0 + h_1 \cdot n_d + h_2 \cdot M_k + h_{11} \cdot n_d^2 + h_{22} \cdot M_k^2 + h_{12} \cdot n_d \cdot M_k, \quad (4)$$

$$N = i_0 + i_1 \cdot n_d + i_2 \cdot M_k + i_{11} \cdot n_d^2 + i_{22} \cdot M_k^2 + i_{12} \cdot n_d \cdot M_k, \quad (5)$$

де: $e_0, e_1, e_2, e_{11}, e_{22}, e_{12}; f_0, f_1, f_2, f_{11}, f_{22}, f_{12}; g_0, g_1, g_2, g_{11}, g_{22}, g_{12}; h_0, h_1, h_2, h_{11}, h_{22}, h_{12}; i_0, i_1, i_2, i_{11}, i_{22}, i_{12}$ – коефіцієнти поліноміальних залежностей.

В характерних точках по значенням димності відпрацьованих газів N можна розрахувати викиди твердих частинок C (в г/м^3) за виразом, який наведений в роботі [1], і має вигляд:

$$C = 0,0001 \cdot N^2, \quad (6)$$

де: N – димність відпрацьованих газів, %.

З використанням значень циклової подачі палива і частоти обертання колінчастого вала дизеля можна визначити годинну витрату палива $G_{\text{пал}}$ (кг/год) в даному режимі роботи двигуна:

$$G_{\text{пал}} = 30 \cdot i \cdot q_{\text{ц}} \cdot n_{\text{д}} \cdot \rho_{\text{пал}} \cdot 10^{-6}, \quad (7)$$

де: i – кількість циліндрів дизеля; $\rho_{\text{пал}}$ – густина дизельного палива.

Масові викиди шкідливих речовин CO , C_mH_n і NO_x за час Δt визначаються по залежностям, які мають вигляд:

$$\Delta G_{\text{CO}} = \text{CO} \cdot \left(1 - \frac{0,9758 \cdot G_{\text{пал}}}{G_{\text{пов}}}\right) \cdot \frac{G_{\text{пов}}}{\rho_{\text{пов}}} \cdot \rho_{\text{CO}} \cdot \frac{\Delta t}{3,6} \cdot 10^{-2}, \quad (8)$$

$$\Delta G_{\text{C}_m\text{H}_n} = \text{C}_m\text{H}_n \cdot \left(1 - \frac{0,9758 \cdot G_{\text{пал}}}{G_{\text{пов}}}\right) \cdot \frac{G_{\text{пов}}}{\rho_{\text{пов}}} \cdot \rho_{\text{C}_m\text{H}_n} \cdot \frac{\Delta t}{3,6} \cdot 10^{-6}, \quad (9)$$

$$\Delta G_{\text{NO}_x} = \text{NO}_x \cdot \left(1 - \frac{0,9758 \cdot G_{\text{пал}}}{G_{\text{пов}}}\right) \cdot \frac{G_{\text{пов}}}{\rho_{\text{пов}}} \cdot \rho_{\text{NO}_x} \cdot \frac{\Delta t}{3,6} \cdot 10^{-6}, \quad (10)$$

де $\rho_{\text{пов}}$ – густина повітря, яке надходить в дизель при t_0 і p_0 , кг/м^3 ; ρ_{CO} , $\rho_{\text{C}_m\text{H}_n}$, ρ_{NO_x} – густини відповідних шкідливих речовин при t_0 і p_0 , г/м^3 .

Викиди твердих частинок C (в г) за час Δt визначаються аналогічно по залежності, яка має вигляд:

$$\Delta G_C = C \cdot \left(1 - \frac{0,9758 \cdot G_{\text{пал}}}{G_{\text{пов}}}\right) \cdot \frac{G_{\text{пов}}}{\rho_{\text{пов}}} \cdot \frac{\Delta t}{3,6} \cdot 10^{-3}. \quad (11)$$

Масова витрата палива $\Delta G_{\text{пал}}$ за час Δt визначається по залежності, яка має вигляд:

$$\Delta G_{\text{пал}} = \frac{G_{\text{пал}}}{3,6} \cdot \Delta t. \quad (12)$$

Витрата повітря $G_{\text{пов}}$ та викиди ШР, після вмикання підвищеної передачі, при розгоні дизеля в режимі активного холостого ходу, визначаються по швидкісній характеристиці активного холостого ходу і описуються поліноміальними залежностями:

$$G_{\text{пов.хх}} = l_0 + l_1 \cdot n_{\text{д}} + l_{11} \cdot 10^{-5} \cdot n_{\text{д}}^2, \quad (13)$$

$$\text{CO}_{\text{хх}} = k_0 + k_1 \cdot n_{\text{д}} + k_{11} \cdot n_{\text{д}}^2, \quad (14)$$

$$\text{C}_m\text{H}_{n\text{хх}} = m_0 + m_1 \cdot n_{\text{д}} + m_{11} \cdot n_{\text{д}}^2, \quad (15)$$

$$\text{NO}_{\text{ххх}} = n_0 + n_1 \cdot n_{\text{д}} + n_{11} \cdot n_{\text{д}}^2, \quad (16)$$

$$N_{\text{хх}} = p_0 + p_1 \cdot n_{\text{д}} + p_{11} \cdot n_{\text{д}}^2, \quad (17)$$

$$C_{\text{хх}} = q_0 + q_1 \cdot n_{\text{д}}^2 + q_{11} \cdot n_{\text{д}}^2 \quad (18)$$

де: $l_0, l_1, l_{11}, k_0, k_1, k_{11}, m_0, m_1, m_{11}, n_0, n_1, n_{11}, p_0, p_1, p_{11}, q_0, q_1, q_{11}$ – коефіцієнти поліноміальних залежностей.

При розгоні дизеля в режимі холостого ходу, після вмикання підвищеної передачі, масові викиди ШР і витрата палива на ділянці часу Δt визначаються за залежностями (8)–(12).

На кожній ділянці розгону часу Δt визначаються шлях і швидкість автомобіля. Питомі викиди і витрата палива (г/км і г/ткм) визначаються за сумою шляху автомобіля при розгоні і значенні загальних шкідливих викидів і витрати палива.

При частоті обертання колінчастого вала дизеля, яка визначається по залежності. Частота обертання колінчастого вала дизеля визначається за залежністю, яка має наступний вигляд:

$$n_D = \frac{30 \cdot v \cdot U_i \cdot U_p}{\pi \cdot r_K} \quad (19)$$

Викиди шкідливих речовин і витрати палива на ділянці часу Δt можна визначити по характеристиці ПХХ, визначеній в усталених режимах. Витрати палива і повітря, вміст шкідливих речовин у ВГ в режимі ПХХ можна описати поліноміальними залежностями другого степеня, які мають вигляд:

$$G_{\text{пал.пхх}} = s_0 + s_1 \cdot n_D + s_{11} \cdot n_D^2, \quad (20)$$

$$G_{\text{пов.пхх}} = t_0 + t_1 \cdot n_D + t_{11} \cdot n_D^2, \quad (21)$$

$$CO_{\text{пхх}} = u_0 + u_1 \cdot n_D + u_{11} \cdot n_D^2, \quad (22)$$

$$C_m H_{\text{п.пхх}} = v_0 + v_1 \cdot n_D + v_{11} \cdot n_D^2, \quad (23)$$

$$NO_{\text{х.пхх}} = w_0 + w_1 \cdot n_D + w_{11} \cdot n_D^2, \quad (24)$$

$$N_{\text{пхх}} = x_0 + x_1 \cdot n_D + x_{11} \cdot n_D^2. \quad (25)$$

де: $s_0, s_1, s_{11}, t_0, t_1, t_{11}, u_0, u_1, u_{11}, v_0, v_1, v_{11}, w_0, w_1, w_{11}, x_0, x_1, x_{11}, y_0, y_1, y_{11}$ – коефіцієнти поліноміальних залежностей.

Висновки

Таким чином, маса викидів окремих компонентів вихлопних газів визначається як сума викидів в залежності від різних експлуатаційних умов.

По перше, коли автотранспорт знаходиться на полі, чекаючи поки розвантажиться комбайн і пересування по полю на малій швидкості, до того ж сюди можна віднести перебування автотранспорту на зерносховище, очікуючи зважування і в процесі зважування, а так само розвантаження кузова з включеним двигуном.

По друге, час, який автотранспорт витрачає на рух від поля до зерносховища, даний час обумовлено великими пробігами автотранспорту і допустимо високою швидкістю.

Встановлено можливість покращення паливної економічності і екологічних показників транспортного процесу під час збирання врожаю зернових культур та транспортування до зерносховищ, за рахунок вибору оптимальних параметрів експлуатації автомобілів [2]. Наданий метод розрахунку дає можливість точніше, ніж звичні методи, визначити витрати палива та викиди шкідливих речовин від

автотранспортних засобів в особливих експлуатаційних умовах, що дасть змогу удосконалити прямі автомобільні перевезення та зробити їх менш витратними і більш ефективними.

Список літератури

1. Гутаревич Ю. Ф. Снижение вредных выбросов и расхода топлива двигателями автомобилей путем оптимизации эксплуатационных факторов : дис. ... доктора техн. наук : 05.22.10, 05.04.02 / Гутаревич Юрій Федосійович. – К., 1985. – 538 с.
2. Міхно М. В. Зниження витрати палива та шкідливих викидів рухомим складом автомобільного транспорту раціональним вибором експлуатаційних факторів : дис. ... канд. техн. наук : 05.22.10 / Міхно Марина Василівна. – К., 1998. – 193 с.
3. Семененко М. В. Математична постановка оптимізаційної задачі моделювання виробничої системи з урахуванням екологічних чинників та наявності мережі автодоріг / М. В. Семененко // Вісті Автомобільно-дорожнього інституту / АДІ ДонНТУ. – 2008. – №6. – С. 27–31.
4. European Topic Centre on Air and Climate Change [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.adms-conf.org>.
5. US EPA: United States Environmental Protection Agency // Эл. ресурс. URL:<http://www.epa.gov>.

References

1. Hutarevych, Yu. F. (1985). Snyzhenye vrednykh vybrosov y raskhoda toplyva dvyhatelyamy avtomobyley putem optymyzatsyy ekspluatatsyonnykh faktorov [The reduction of harmful emissions and fuel consumption in car engines by optimizing operational factors] : dys. ... doktora tekhn. nauk : 05.22.10, 05.04.02. K., 538.
2. Mikhno, M. V. (1998). Znyzhennya vytraty palyva ta shkidlyvykh vykydiv rukhomym skladom avtomobil'noho transportu ratsional'nym vyboroy ekspluatatsiynykh faktoriv [Reducing fuel consumption and harmful emissions of the rolling stock of automobile transport rational vibro operational factors] : dys. ... kand. tekhn. nauk : 05.22.10. K., 193.
3. Semenenko, M. V. (2008). Matematychna postanovka optymizatsiynoyi zadachi modelyuvannya vyrobnychoyi systemy z urakhuvannyam ekolohichnykh chynnykiv ta nayavnosti merezhi avtodorih [The mathematical formulation of the optimization problem of modeling a production system based on environmental factors and availability of road network]. To Automobile-road Institute / ADI DonNTU, 6, 27–31.
4. European Topic Centre on Air and Climate Change [Elektronnyy resurs]. Rezhym dostupu: <http://www.adms-conf.org>.
5. US EPA: United States Environmental Protection Agency // El. resurs. URL:<http://www.epa.gov>.

РАСЧЕТ ТОПЛИВНОЙ ЭКОНОМИЧНОСТИ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТРАНСПОРТНОГО ПРОЦЕССА ВО ВРЕМЯ УБОРКИ УРОЖАЯ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

М. В. Семененко

Аннотация. В статье предложен расчетный метод определения топливной экономичности и экологических показателей транспортного процесса в зависимости от

различных факторов. Установлена возможность улучшения топливной экономичности и экологических показателей транспортного процесса во время уборки урожая зерновых культур и транспортировки зернохранилищ, за счет выбора оптимальных параметров эксплуатации автомобилей. Таким образом, масса выбросов отдельных компонентов выхлопных газов определяется как сумма выбросов в зависимости от различных эксплуатационных условий.

Во первых, когда автотранспорт находится на поле, дожидаясь пока разгрузится комбайн и передвижения по полю на малой скорости, к тому же сюда можно отнести пребывание автотранспорта на зернохранилище, ожидая взвешивания и в процессе взвешивания, а так же разгрузка кузова с включенным двигателем. Во-вторых, время, автотранспорт расходует на движение от поля до зернохранилища, настоящее время обусловлено большими пробегами автотранспорта и допустимо высокой скоростью.

Установлена возможность улучшения топливной экономичности и экологических показателей транспортного процесса во время уборки урожая зерновых культур и транспортировки зернохранилищ, за счет выбора оптимальных параметров эксплуатации автомобилей. Предоставленный метод расчета дает возможность точнее, чем известные методы, определить расходы топлива и выбросы вредных веществ от автотранспортных средств в особых эксплуатационных условиях, что позволит усовершенствовать прямые автомобильные перевозки и сделать их менее затратными и более эффективными.

Ключевые слова: метод, топливная экономичность, экологические показатели, зерно

CALCULATION OF FUEL EFFICIENCY AND ENVIRONMENTAL PERFORMANCE OF TRANSPORT PROCESS DURING HARVESTING OF CROPS

M. V. Semenenko

Abstract. In paper the current method for determining fuel efficiency and environmental performance of the transport process, depending on various factors. The possibility to improve fuel efficiency and environmental performance of the transport process during the harvesting of crops and transportation of silos, due to the choice of optimal parameters of the operation. Thus, the mass emissions of individual exhaust gas components is determined as the sum of emissions depending on different operating conditions.

First, when the vehicle is on the field, waiting until discharged by the combine and move across the field at low speed, moreover this can

be attributed to the presence of vehicles in the granary, waiting for the weighing and process weighing and unloading of the body with the engine running. Second, the time the vehicle spends on the movement from field to granary, now caused by the large runs of vehicles and permissible speeds.

The possibility to improve fuel efficiency and environmental performance of the transport process during the harvesting of crops and transportation of silos, due to the choice of optimal parameters of the operation. Provided the calculation method gives the possibility of more accurately than known methods, to determine the fuel consumption and emissions of harmful substances from motor vehicles in particular operating conditions that will improve direct road transport and make them less costly and more effective.

Key words: *method, fuel efficiency, environmental performance, grain*

УДК 631.147:632.937.3

АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ ГОРИЗОНТАЛЬНИХ ЦИЛІНДРИЧНИХ РЕАКТОРІВ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА БІОГАЗУ

О. А. Марус, кандидат технічних наук

Г. А. Голуб, доктор технічних наук

e-mail: gagolub@mail.ru

Анотація. В роботі наведена актуальність і важливість виробництва із тваринницьких відходів альтернативних видів біопалива. Виконаний патентний пошук дозволив провести аналіз існуючих конструкцій горизонтальних циліндричних реакторів для переробки рідких та твердих органічних відходів в біогаз та біодобриво. Проведені дослідження по аналізу горизонтальних циліндричних реакторів дозволили виділити два типи ферментерів: обертові реактори і реактори з обертовою мішалкою. Аналіз конструкційних особливостей горизонтальних реакторів дозволив визначити переваги та недоліки наведених ферментерів і виділити основні вимоги до їх конструкційних параметрів та режимів, а саме: завантаження біомаси, якісне видалення біомаси, підтримання заданих температурних режимів, рівень продуктивності та ефективне перемішування, що дозволило в залежності від конкретних об'ємів, умов і завдань зробити вибір оптимального типу реактора для виробництва біогазу та біодобрив. До основних недоліків обертових реакторів

© О. А. Марус, Г. А. Голуб, 2016

be attributed to the presence of vehicles in the granary, waiting for the weighing and process weighing and unloading of the body with the engine running. Second, the time the vehicle spends on the movement from field to granary, now caused by the large runs of vehicles and permissible speeds.

The possibility to improve fuel efficiency and environmental performance of the transport process during the harvesting of crops and transportation of silos, due to the choice of optimal parameters of the operation. Provided the calculation method gives the possibility of more accurately than known methods, to determine the fuel consumption and emissions of harmful substances from motor vehicles in particular operating conditions that will improve direct road transport and make them less costly and more effective.

Key words: *method, fuel efficiency, environmental performance, grain*

УДК 631.147:632.937.3

АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ ГОРИЗОНТАЛЬНИХ ЦИЛІНДРИЧНИХ РЕАКТОРІВ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА БІОГАЗУ

О. А. Марус, кандидат технічних наук

Г. А. Голуб, доктор технічних наук

e-mail: gagolub@mail.ru

Анотація. В роботі наведена актуальність і важливість виробництва із тваринницьких відходів альтернативних видів біопалива. Виконаний патентний пошук дозволив провести аналіз існуючих конструкцій горизонтальних циліндричних реакторів для переробки рідких та твердих органічних відходів в біогаз та біодобриво. Проведені дослідження по аналізу горизонтальних циліндричних реакторів дозволили виділити два типи ферментерів: обертові реактори і реактори з обертовою мішалкою. Аналіз конструкційних особливостей горизонтальних реакторів дозволив визначити переваги та недоліки наведених ферментерів і виділити основні вимоги до їх конструкційних параметрів та режимів, а саме: завантаження біомаси, якісне видалення біомаси, підтримання заданих температурних режимів, рівень продуктивності та ефективне перемішування, що дозволило в залежності від конкретних об'ємів, умов і завдань зробити вибір оптимального типу реактора для виробництва біогазу та біодобрив. До основних недоліків обертових реакторів

© О. А. Марус, Г. А. Голуб, 2016

було віднесено наявність проблем із видаленням біомаси та низьку продуктивність, до переваг – підтримання заданих температурних режимів та якість перемішування. До основних недоліків реакторів з обертовою мішалкою було віднесено недостатню точність підтримання заданих температурних режимів, а до переваг – високу якість перемішування та продуктивність процесу. Також проведені дослідження дозволили сформулювати класифікацію горизонтальних циліндричних реакторів, із зазначенням їх принципових відмінностей.

Ключові слова: *реактор, біогазова установка, біосировина, біогаз, біодобриво*

Постановка проблеми. Скорочення природніх запасів традиційного палива спонукає суспільство замислюватись над проблемою пошуку альтернативних варіантів отримання біопалива. Переробка тваринних відходів на сьогоднішній день є одним із напрямків отримання додаткових енергетичних можливостей.

Вибір необхідного типу реактора залежить від технології, яку виробник обирає і від об'ємів сировини, яку потрібно переробити на біогаз та біодобриво. Якщо це рідкофазна ферментація то відповідно реактор має бути спроектований з урахування води, яка використовується для розрідження біомаси та доведення кислотності до відповідного рівня (рівень кислотності впливає на вихід біогазу) [1]. Якщо ферментація твердофазна, то тривалість процесу переробки біомаси зростає.

Аналіз останніх досліджень. Попередні на даний час дослідження були направлені на аналіз конструкцій реакторів для твердофазної ферментації, який показав, що при розробці реактора потрібно враховувати механічні властивості субстрату (вологість, густину, однорідність субстрату) та методи його підготовку до зброджування, при цьому необхідно забезпечувати ефективне перемішування, завантаження та видалення біомаси, безперервність процесу, стерильні умови упродовж процесу ферментації, підтримання заданих температурних режимів та вологості субстрату. Також було відмічено, що в найбільшій мірі задовольняють вимоги твердофазного зброджування горизонтальні циліндричні реактори з лопатками для перемішування [2]. Тому доцільно провести аналіз типів горизонтальних циліндричних реакторів для зброджування органічної біомаси з отриманням біогазу та біодобрив.

Метою досліджень є проведення аналізу конструкцій горизонтальних циліндричних реакторів для виробництва біогазу.

Результати досліджень. Патентний пошук показав, що розробка обертових горизонтальних реакторів для виробництва

біогазу є актуальною задачею [3, 4, 7]. На рис. 1 та рис. 2 зображені горизонтальні обертові реактори з фіксованими лопатками.

Наведенні метантенки вважаються реакторами періодичної дії, головна перевага їх полягає в тому, що обертовий барабан знаходиться в рідині, що значно зменшує енергетичні витрати на виробництво біогазу, які в основному направлені на перемішування субстрату. Недоліком таких реакторів являється складна система завантаження і вивантаження біосировини.

Горизонтальний циліндричний реактор з рухомими лопатками також був розроблений Голубом Г. А. та Кухарцем С. М. [5]. У цьому метантенку (рис. 3) лопатки для перемішування біосировини прикріплені до внутрішньої поверхні обертового реактора з можливістю виконання радіального переміщення.

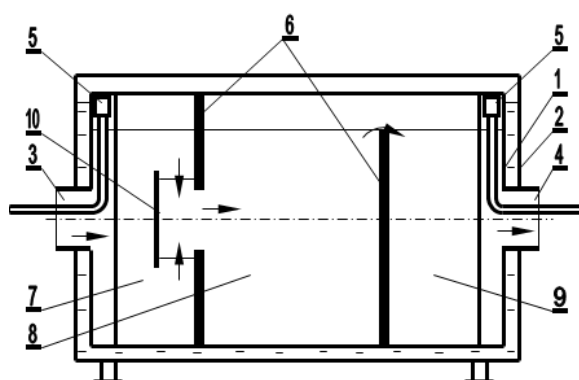


Рис. 1. Метантенк: 1 – циліндричний корпус; 2 – теплоізолюваний басейн; 3, 4 – горловини для завантаження та вивантаження; 5 – патрубки для біогазу; 6 – радіальні перегородки; 7, 8, 9 – камери попереднього, основного та залишкового зброджування; 10 – відбійна пластина.

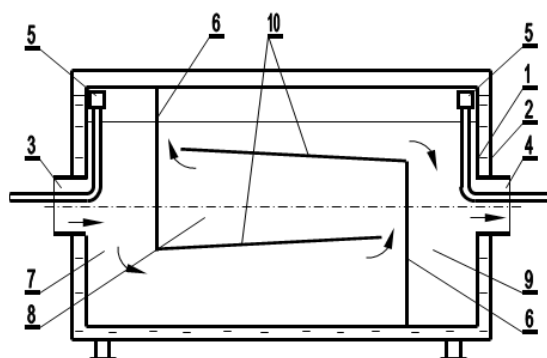


Рис. 2. Метантенк: 1 – циліндричний корпус; 2 – теплоізолюваний басейн; 3, 4 – горловини для завантаження та вивантаження; 5 – патрубки для біогазу; 6 – поперечні перегородки; 7, 8, 9 – камери попереднього, основного та залишкового зброджування; 10 – повздовжні перегородки.

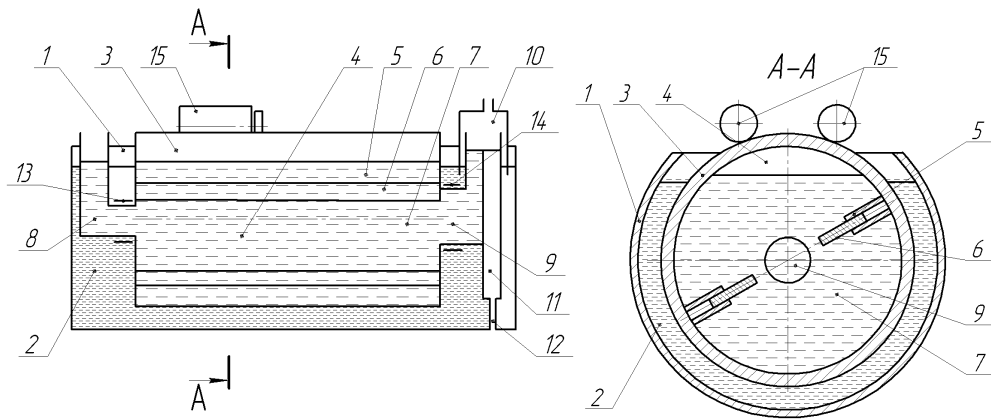


Рис. 3. Метантенк: 1 – горизонтальний зовнішній корпус; 2 – рідина; 3 – циліндричний реактор; 4 – камера зброджування; 5 – перегородка; 6 – рухома пластина; 7 – органічна маса; 8 – патрубок для підводу органічної маси; 9 – патрубок для відводу органічної маси; 10 – патрубок для відводу біогазу; 11 – вивантажувальна камера; 12 – патрубок для вивантаження органічної маси; 13, 14 – підшипникові вузли; 15 – зовнішній привід.

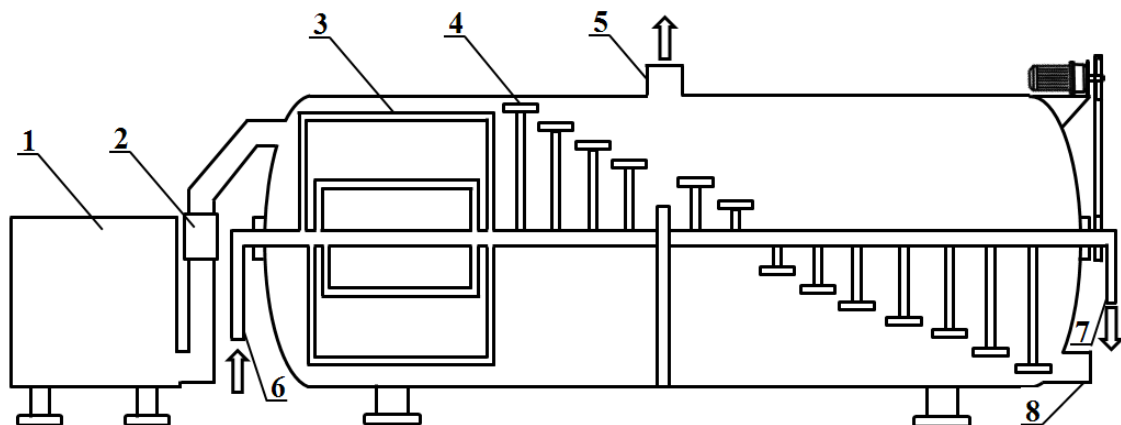


Рис. 4. Трубчастий ферментер: 1 – ємність для підготовки біосировини; 2 – насос; 3 – теплообмінник; 4 – трубкова мішалка; 5 – виведення біогазу; 6 – підведення теплоносія; 7 – виведення теплоносія; 8 – виведення біомаси.

При постійному обертанні реактора цей метод перемішування буде спрацьовувати, а якщо реактор буде працювати в режимі зупинок, тоді тверда фракція буде осідати на дно та бокові поверхні лопаток, що негативно вплине на процес перемішування і процес отримання біогазу. До того ж конструкція реактора не забезпечує вивантаження збродженої біомаси в повному обсязі за рахунок складної системи патрубків, в реакторі залишається піщаний осад, який забиває реактор і зменшує об'єм робочої камери при наступному зброджуванні. У Європі найбільш розповсюджені горизонтальні циліндричні реактори з обертовою мішалкою, де

лопатки розміщені по гвинтовій лінії (рис. 4) [6]. У даному реакторі привід мішалки знаходиться на верхній поверхні ферментера і за рахунок пасової передачі здійснюється її обертання. Відповідно, щоб запустити її в роботу та підтримувати постійний режим обертання потрібні значні енерговитрати. Такий тип реактора можливо ефективно використовувати при невеликих об'ємах переробки органічної сировини. Також існує циліндричний реактор для рідкофазної ферментації (рис. 5), який не містить перемішуючого пристрою, лише шнек, який використовується для руйнування поверхневої кірки [8]. Такий реактор можливо використовувати лише для однорідної маси, яка не розшаровується, з невеликим шаром інакше вихід біогазу буде незначним.

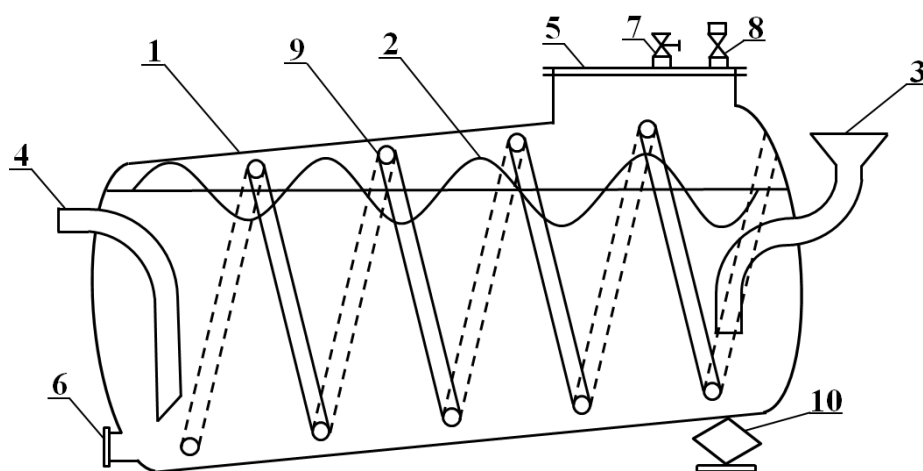


Рис. 5. Біогазовий реактор: 1 – резервуар; 2 – шнек; 3 – патрубок завантаження; 4 – патрубок розвантаження; 5 – верхній люк обслуговування; 6 – нижній люк обслуговування; 7 – скидний клапан; 8 – патрубок виходу біогазу; 9 – підігрівач; 10 – домкрат.

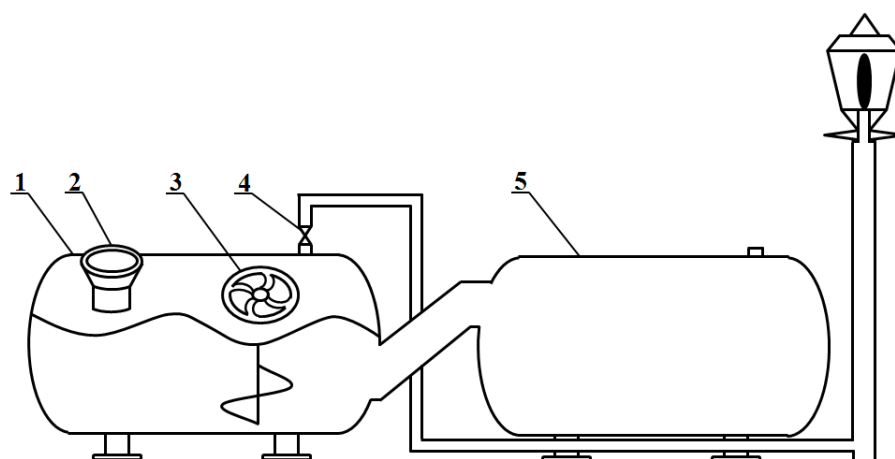


Рис. 6. Біогазова установка: 1 – корпус циліндричного реактора; 2 – патрубок для завантаження біомаси; 3 – перемішуючий пристрій; 4 – патрубок виводу біогазу; 5 – додаткова ємність для біомаси.

Один із практичних досвідів реалізації горизонтальних циліндричних реакторів з переробкою біомаси виконаний в зонах відпочинку та виходу собак (рис. 6). Біогаз одержуваний з собачих фекалій надходить до ретро-світильника, що стоїть поруч, і освітлює парк [9]. В даному реакторі перемішувач встановлений поперек осі реактора, процес перемішування відбувається за допомогою ручної мішалки, що негативно впливає на вихід біогазу, якщо такий тип реактора використовувати у промисловому виробництві. Позитивним такої реалізації біогазових установок є те, що одразу на місті можна використовувати перебродившу масу як добриво для квітників та лісових насаджень.

На рис. 7 наведена горизонтальна біогазові установка з поперечним перемішуванням [6].

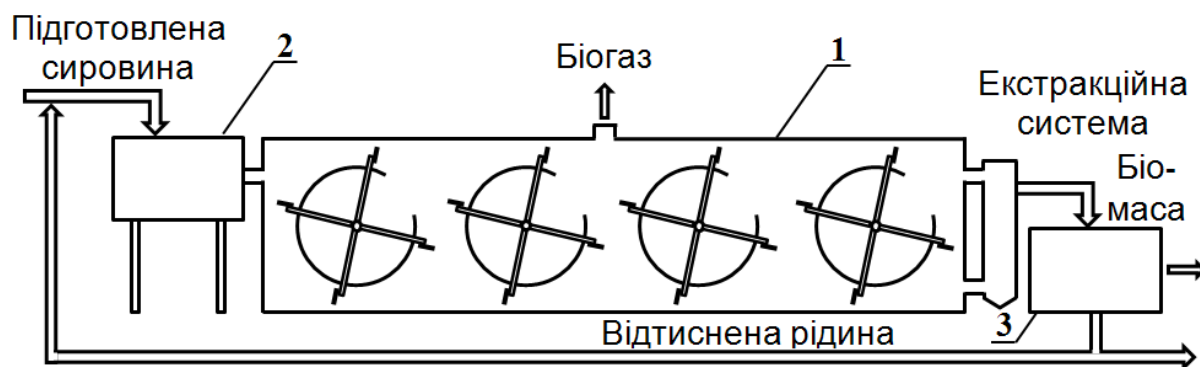


Рис. 7. Двофазний ферментер: 1 – циліндричний реактор; 2 – калібратор для підготовки біосировини; 3 – зневоднювач біомаси.

Досить вдало реалізований етап перемішування біомаси, оскільки загальновідомо, що упродовж періоду бродіння біосировини мікроорганізми знаходяться в нижньому шарі біомаси, а відповідно якісне перемішування призведе до збільшення виходу біогазу. Такий спосіб перемішування одночасно являється і недоліком, оскільки необхідно одночасно декілька електроприводів, що негативно вплине на енерговитрати. Також ця схема показує, що це двофазний ферментер, перша фаза використовується для доведення маси до однорідності та встановлення відповідного рівня кислотності, а друга – вже для самого бродіння. Двофазне бродіння прискорює процес переробки відходів. Також позитивним в такій схемі виробництва біогазу є етап віджимання рідини, яка частково перенаправляється на повторне зброджування.

Проведений аналіз існуючих конструкцій реакторів для переробки біосировини та отримання біогазу і біодобрива показав, що горизонтальні циліндричні реактори існують двох типів – це обертові та із обертовою мішалкою (рис. 8).



Рис. 8. Схема існуючих горизонтальних циліндричних реакторів.

1. Основні вимоги до горизонтальних циліндричних реакторів

Тип реактора		Вимоги до параметрів реакторів:				
		завантаження біомаси	якісне видалення біомаси	підтримання заданих температурних режимів	рівень продуктивності	ефективне перемішування
Обертовий	Плаваючі у рідині	+	—	+	—	+
	Плаваючі у біомасі	+	—	+	—	+
	Стаціонарні із рухомими лопатками	+	—	+	—	—
	Стаціонарні із фіксованими лопатками	+	—	+	—	+
З обертовою мішалкою	Лопатеві із поперечним перемішуванням	+	+	—	+	+
	Лопатеві із повздовжнім перемішуванням	+	—	+	+	+
	Шнекові із поперечним перемішуванням	+	—	—	+	+
	Шнекові із повздовжнім перемішуванням	+	+	—	+	—

Обертові ферментери поділяються на плаваючі, які в залежності від середовища в якому вони знаходяться розділяються на плаваючі в рідині та в біомасі, що містять рухомі лопатки (виконують радіальний рух) та фіксовані. Інший тип горизонтального циліндричного ферментера – це реактор, що містить обертовий перемішуючий пристрій. Вони поділяються на реактори з лопатевим і шнековим робочим органом, які в свою чергу виконують поперечне або повздовжнє перемішування (табл. 1).

Висновок. Аналізуючи основні вимоги до горизонтальних циліндричних реакторів необхідно відмітити, що до основних недоліків обертових реакторів слід віднести наявність проблем із видаленням біомаси та низьку продуктивність, до переваг – підтримання заданих температурних режимів та якість перемішування. До основних недоліків реакторів з обертовою мішалкою слід віднести недостатню точність підтримання заданих температурних режимів, а до переваг – високу якість перемішування та продуктивність процесу.

Список літератури

1. Салюк А. И. Влияние водопотребления на эффективность метанового брожения куриного помета / А. И. Салюк, С. А. Жадан, Е. Б. Шаповалов, Р. А. Тарасенко // Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология». – Научно-технический центр «ТАТА», 2015. – № 15-16 (179-180). – С. 53–58.
2. Марус О. А. Аналіз конструкцій реакторів для твердофазної ферментації / О. А. Марус, Г. А. Голуб // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. – К., 2016. – Вип. 241. – С. 380–387.
3. Патент на винахід 74718 Україна. МПК (2006) C02F 11/04. Метантенк / Г. А. Голуб, Б. О. Рубан, О. В. Дубровіна (Україна). – Заявка № 20040503534 ; Заявлено 12.05.04 ; Опубл. 16.01.06.
4. Патент на винахід 81154 Україна. МПК (2006) C02F 11/04. Метантенк / М. К. Лінник, М. Д. Мельничук, В. О. Дубровін, Г. А. Голуб, В. С. Таргоня, Б. О. Рубан, О. В. Дубровіна (Україна). – Заявка № а200511162 ; Заявлено 25.11.05 ; Опубл. 10.12.07.
5. Патент на винахід 110077 Україна. МПК (2006) C 02 F 11/04, C02F 3/28. Метантенк / Г. А. Голуб, С. М. Кухарець (Україна). – Заявка № а201409259 ; Заявлено 19.08.14 ; Опубл. 10.11.15.
6. Сидоров Ю. І. Сучасні біогазові технології / Ю. І. Сидоров // Biotechnologia acta. – 2013. – Vol. 6, №1. – С. 46–61.
7. Патент на корисну модель 18101 Україна. МПК (2006) C02F 11/04. Біогазова установка / А. А. Мучак (Україна). – Заявка № u200605752 ; Заявлено 26.05.06 ; Опубл. 16.10.06.
8. Патент на корисну модель 69771 Україна. МПК (2006.01) C02F 11/04. Біогазовий реактор / В. М. Желих, Ю. В. Фурдас (Україна). – Заявка № u201113158 ; Заявлено 08.11.11 ; Опубл. 10.05.12.
9. <http://www.cre8tivez.org/otoplenie-teplosnabjenie-gazosnab/al-ternativne-opalennya-biogaz>.

References

1. Salyuk, A. Y., Zhadan, S. A., Shapovalov, E. B., Tarasenko, R. A. (2015). Vlyyanye vodopotreblenyya na effektivnost' metanovoho brozhenyya kurynoho pometa [The effect of water on efficiency of methane fermentation of chicken manure]. *Mezhdunarodnyy nauchnyy zhurnal «Alternative energy and ecology»*. – Nauchno-tekhnycheskyy tsentr «TATA», 15-16 (179-180), 53–58.
2. Marus, O. A., Holub, H. A. (2016). Analiz konstruktsiy reaktoriv dlya tverdofaznoyi fermentatsiyi [Analysis of designs of reactors for solid state fermentation]. *Scientific Bulletin of National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*. K., Vyp. 241, 380–387.
3. *Patent* na vynakhid 74718 Ukrayina. MPK (2006) S02F 11/04. Metantenk [Digester] / H. A. Holub, B. O. Ruban, O. V. Dubrovina (Ukrayina). – Zayavka № 20040503534 ; Zayavleno 12.05.04 ; Opubl. 16.01.06.
4. *Patent* na vynakhid 81154 Ukrayina. MPK (2006) S02F 11/04. Metantenk [Digester] / M. K. Linnyk, M. D. Mel'nychuk, V. O. Dubrovin, H. A. Holub, V. S. Tarhonya, B. O. Ruban, O. V. Dubrovina (Ukrayina). – Zayavka № a200511162 ; Zayavleno 25.11.05 ; Opubl. 10.12.07.
5. *Patent* na vynakhid 110077 Ukrayina. MPK (2006) S 02 F 11/04, S02F 3/28. Metantenk [Digester] / H. A. Holub, S. M. Kukharets' (Ukrayina). – Zayavka № a201409259 ; Zayavleno 19.08.14 ; Opubl. 10.11.15.
6. Sydorov, Yu. I. (2013). Suchasni biohazovi tekhnolohiyi [Modern biogas technology] / Yu. I. Sydorov // *Biotechnologia acta*, Vol. 6, № 1, 46–61.
7. *Patent* na korysnu model' 18101 Ukrayina. MPK (2006) S02F 11/04. Biohazova ustanovka [Biogas plant] / A. A. Muchak (Ukrayina). – Zayavka № u200605752 ; Zayavleno 26.05.06 ; Opubl. 16.10.06.
8. *Patent* na korysnu model' 69771 Ukrayina. MPK (2006.01) S02F 11/04. Biohazovyy reaktor [Biogas reactor] / V. M. Zhelykh, Yu. V. Furdas (Ukrayina). – Zayavka № u201113158 ; Zayavleno 08.11.11 ; Opubl. 10.05.12.
9. <http://www.cre8tivez.org/otoplenie-teplosnabjenie-gazosnab/al-ternativne-opalennya-biogaz>.

АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ РЕАКТОРОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА БИОГАЗА

О. А. Марус, Г. А. Голуб

Аннотация. В работе приведена актуальность и важность производства из животноводческих отходов альтернативных видов биотоплива. Выполненный патентный поиск позволил провести анализ существующих конструкций горизонтальных цилиндрических реакторов для переработки жидких и твердых органических отходов в биогаз и биоудобрение. Проведенные исследования по анализу горизонтальных цилиндрических реакторов позволили выделить два типа ферментеров: вращающиеся реакторы и реакторы с вращающейся мешалкой. Анализ конструкционных особенностей горизонтальных реакторов позволил определить преимущества и недостатки приведенных ферментеров и выделить основные требования к их конструктивным параметрам и режимам, а именно: загрузка биомассы, качественное удаление биомассы, поддержание

заданных температурных режимов, уровень производительности и эффективное перемешивание, что позволило в зависимости от конкретных объемов, условий и задач сделать выбор оптимального типа реактора для производства биогаза и биоудобрений. К основным недостаткам вращающихся реакторов было отнесено наличие проблем с удалением биомассы и низкой производительностью, к достоинствам – поддержка заданных температурных режимов и качество перемешивания. К основным недостаткам реакторов с вращающейся мешалкой было отнесено недостаточную точность поддержания заданных температурных режимов, а к преимуществам – высокое качество перемешивания и производительность процесса. Также проведенные исследования позволили сформировать классификацию горизонтальных цилиндрических реакторов, с указанием их принципиальных различий.

Ключевые слова: реактор, биогазовая установка, биосырье, биогаз, биоудобрение

STRUCTURAL ANALYSIS OF HORIZONTAL CYLINDRICAL REACTOR FOR PRODUCTION OF BIOGAS

O. A. Marus, G. A. Golub

Abstract. The paper shows the relevance and importance of animal production waste alternative biofuels. Made patent search has allowed an analysis of existing designs of horizontal cylindrical reactors for processing of liquid and solid organic waste into biogas and biofertilizers. The research on the analysis of horizontal cylindrical reactor allowed identifying two types of fermenters, rotating reactors and reactors with a rotating agitator. Analysis of structural features horizontal reactors possible to determine the advantages and disadvantages of these fermenters and identify the main requirements for their structural parameters and modes, namely downloading biomass quality removal of biomass, maintaining the set temperature, the level of productivity and effective mixing, allowing depending on the specific volumes, conditions and objectives to choose the optimum type of reactor to produce biogas and biofertilizers. The main disadvantages of rotating reactor was charged for problems with removing biomass and low productivity, the benefits – maintaining preset temperature and mixing quality. The main disadvantages of reactors with a rotating agitator were attributed insufficient accuracy to maintain the set temperature, and the advantages – high quality and performance mixing process. Also, studies have allowed forming classification horizontal cylindrical reactors with their fundamental differences.

Key words: reactor, biogas plant, biomass, biogas, biofertilizers

КОНКУРСНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ В УМОВАХ УКРАЇНИ

П. А. Овчар, кандидат наук з державного управління
e-mail: p.ovchar@mail.ru

Анотація. В статті пропонується аналіз та вирішення проблеми про неузгодженість та наявність протиріч національного законодавства ринковим умовам функціонування галузі автомобільного транспорту.

Вирішення такої проблеми забезпечить фінансову стабільність діяльності перевізника і розвиток послуг автобусних перевезень в цілому.

Обмеження додаткових видів перевезень мають право на дискусії і можуть мати різні форми та характер але незмінним і головним при цьому потрібно залишить економічну доцільність. При забезпеченні органом регулювання чіткого розмежування видів перевезень з визначеними критеріями доступу та умовами виконання кожного виду, створюються умови саморегуляції у формуванні єдиної маршрутної мережі регулярних перевезень, як самої комерційно-привабливої. Для сталого розвитку таких умов, потрібна мобільність вказаної мережі сполучень яка буде надавати можливість перевізнику оперативно реагувати на потреби споживачів послуг без погодження регулятором. Така можливість буде при умові скасування державного реєстру міжміської маршрутної мережі і переведення її в статус інформації для споживачів послуг. При дотриманні регулятором зазначених умов, ліквідуються протиріччя між двома суб'єктами господарювання і підвищений комерційний інтерес у перевізників отримають автостанції, економічний стан яких прямо залежить від кількості заїздів автобусів.

Ключові слова: *пасажирські перевезення, транспортний процес, економіка, автомобільний транспорт, маршрут*

Постановка проблеми. Економічна спроможність перевізника – це фундамент, який побудований на підприємницькому інтересі і його міцність забезпечує фінансову стабільність діяльності перевізника і розвиток галузі в цілому.

На сьогоднішній день, інтерес до розвитку сфери надання послуг пасажирського транспорту, на регулярних автобусних маршрутах приватними перевізниками можна вважати найнижчим

за всю історію становлення нашої держави. Головна проблема в цьому є неузгодженість та наявність протиріч національного законодавства ринковим умовам функціонування галузі автомобільного транспорту, що гальмує подальше зміцнення конкурентного середовища і як наслідок привела до відсутності інвестиційної привабливості та неможливості подальшого розвитку ринкових відносин в цій сфері.

Галузь пасажирського автомобільного транспорту страждає «процвітанням» механізмів запровадження подвійних стандартів та принципів адміністративної централізованої економіки радянського періоду. Потрібні докорінні зміни, але це не означає абсолютної всієї законодавчої бази, необхідно змінити тільки механізми державного регулювання у означеній сфері, які створять умови для стимулювання підприємницької зацікавленості.

Мета досліджень. Розглядаючи основні діючі механізми державного регулювання за напрямками тарифної та соціальної політики, впевнено можна стверджувати, що підприємницька зацікавленість там повністю відсутня і механізми потребують невідкладних змін, на чому неодноразово акцентувалась увага в матеріалах журналу "Укравтотранс"

Результати досліджень. Зупинимось та спробуємо здійснити поглиблений аналіз механізмів допуску перевізника до ринку регулярних приміських та міжміських перевезень через систему конкурсного відбору та всебічно розглянемо її вплив на діяльність суб'єкта господарювання. Це питання стало найбільшою перешкодою на шляху досягнення рівних умов діяльності для всіх перевізників та подальшого розвитку міжміських перевезень, а також темою глибокої дискусії з метою визначення шляхів удосконалення принципів, методів та заходів державного регулювання за цим напрямом.

У Європейських країнах на конкурс виставляються конкретні об'єкти, такі як майно, земельні ділянки, капіталізовані території (об'єднані території територіальних громад) або бізнес-проекти. Конкурси на перевезення проводяться тільки на території міст та мегаполісів (агломерацій), які включають територію як великого міста, так і прилеглих міст супутників. В Україні яскравим прикладом мегаполісу можна вважати м.Київ, з прилеглими до нього містами в радіусі до 50 км. Умови конкурсу в такому разі мають чітко визначати виключне право діяльності на цьому об'єкті (території), яке отримує переможець конкурсу. Йому ж надається можливість визначати оптимальні схеми руху, інтервали, графіки руху, клас і категорію транспорту, все для забезпечення максимального балансу між зручністю пасажирів і ефективністю перевезень.

В діючому законі "Про автомобільний транспорт" держава, як організатор перевезень такого права на міжміському автобусному маршруті не забезпечує.

Виставляючи на конкурс рейс з певним часом відправлення, організатор перевезень не гарантує відповідного наповнення автобуса і забезпечення норм закону, але при цьому регулює все, що складає основний перелік затрат діяльності: вартість послуг для окремих категорій пасажирів; клас, категорію і пасажиромісткість автобуса; порядок продажу квитків; плати за надання послуг автостанціями та інше. Технології обслуговування та випуску автобусів на лінію, прописані більше ніж 60 років тому. В них зокрема регулюється склад та кількість працівників медичного і технічного контролю, безпеки і охорони праці. У перевізника повністю відсутня можливість впливати на оптимізацію фінансових витрат в процесі організації і надання транспортних послуг населенню, в тому числі з використанням та запровадженням сучасних технологій.

За результатами конкурсу в початковий період, перевізником вкладаються значні кошти у формування ринку послуг (накатування маршруту), створення його привабливості та забезпечення конкурентоспроможності. При цьому сума коштів витрачених перевізником, в залежності від протяжності маршруту, може коливатися від десятків до сотні тисяч гривень. Після завершення напруженого затратного початкового періоду роботи, показники економічної ефективності маршруту «в радість» перевізнику не на довго. Відразу з'являються конкуренти з двох сторін. Перша сторона зрозуміла - перевізники-конкуренти, які бажають прийняти участь у наступному конкурсі. Друга сторона набагато складніша - це сам "організатор перевезень" на приміських та міжміських маршрутах (органи виконавчої влади та органи місцевого самоврядування, які видають документ, який надає право на здійснення перевезень пасажирів на автобусному маршруті загального користування).

Характерно те, що чим більша привабливість «накатаного» маршруту чи рейсу, тим більше бажання "організатора" якомога дорожче «продати» його конкурентам. За результатами "перемовин" все здійснюється в рамках діючого законодавства. Згідно «звернень різних інстанцій» проводиться "підготування", яке закріплюється колегіальним рішенням і виставляється на конкурс новий рейс або маршрут. Місце відправлення нового рейсу може бути дещо іншим, але в результаті може виявитись різниця в режимі руху на п'ять хвилин попереду уже «накатаного» рейсу (чи маршруту). І такий автобус буде рухатись попереду по всій довжині маршруту (порою сотні кілометрів), підбираючи при цьому на зупинках пасажирів які

вийшли на графік попереднього перевізника. Період між часом відправлення автобуса «нового» маршруту до існуючого легальні і добросовісні перевізники називають періодом "життя" останнього.

Таким чином, можна стверджувати, що встановлений механізм допуску для роботи на міжміських маршрутах перевізників через конкурсний відбір виключно недосконалий і шкідливий.

Основним документом для допуску до ринку надання послуг населенню автобусом є ліцензія, яка видається одного зразка для всіх видів автобусних перевезень, а конкурси проводяться тільки для регулярних перевезень, що є порушенням принципу рівних умов діяльності. Результатом такого порушення і недосконалості механізмів державного регулювання став динамічний розвиток інших видів перевезень - регулярно-спеціальних, нерегулярних та для власних потреб які ще називають "нелегальними".

Враховуючи відсутність чітких відмінностей та характерних ознак у видах перевезень, частка перевізників ще у 2005 році прийняли рішення, щодо зміни регулярних послуг перевезень на інший вид перевезень.

Комерційний інтерес при цьому сягнув максимального рівня:

- перевізники отримали можливість захистити себе і не приймати вдруге участь в конкурсі на свій напрацьований власний бізнес;
- відпала відповідальність за відмову надавати безоплатні послуги окремим категоріям пасажирів, без фінансового забезпечення соціальних зобов'язань держави;
- зберегти 25% витрат за користування послугами автостанцій; вийти на прямі відносини з пасажиром та забезпечити дотримання їх вимог без посередників;
- настала можливість самостійно планувати пасажиромісткість автобуса і зручний для пасажирів час поїздки; надавати додаткові послуги пасажирам;
- та інше.

При цьому регуляторний механізм не передбачає вирівнювання (до теперішнього часу) умов роботи між різними видами автобусних перевезень, а тривалий період прописує нормативними актами різні перешкоди для "прогресивних перевізників".

Характерно те, що в умовах недобросовісної конкуренції не всі добросовісні перевізники готові працювати та нести непомірні збитки в очікуванні правильних рішень регуляторного органу. Враховуючи велику кількість норм діючого законодавства які давно не працюють і стали нелегітимними, проблеми офіційних перевізників сягнули великомасштабних розмірів. Сьогодні для

забезпечення своєї конкурентноспроможності частина перевізників, які працюють на основних регулярних, соціальнозначущих видах перевезень, самостійно переходять на комерційно привабливіші умови роботи інших видів перевезень.

Потрібно також зазначити, що до 2001 року конкурси на регулярні перевезення замовниками не проводилися і показники розвитку в секторі міжміських перевезень в період 1998-2001 роки були досить високими. Норма Закону стосовно надання права регулярних перевезень на конкурсних засадах, яка набрала чинності з прийняттям ЗУ "Про автомобільний транспорт" у 2001 році, стала потужним гальмом. Не випадково 2005 рік став початком занепаду регулярних міжміських перевезень і розквіту інших видів перевезень. Це початок другої хвилі конкурсів після закінчення 3-х річного терміну дії договорів за результатами проведення перших конкурсів. Перевізники як суб'єкти господарювання в той період зрозуміли, що презентація свого бізнесу на засіданні конкурсного комітету з повними витратами на капіталізацію бізнесу і напрацюванням користувачів послуг досягнуті за три роки, може мати вигляд дорогого подарунку перев'язаного бантом, який у тебе красиво "приймуть і передадуть конкуренту".

Розглядаючи об'єкт конкурсу у площині законодавства України, теж маємо колізію яка стає на захист інтересів перевізника враховуючи, що зазначений об'єкт конкурсу, яким є автобусний маршрут або рейс, не відноситься до об'єкту державної власності. Дана категорія не передбачена ст. 3 Закону України «Про управління об'єктами державної власності», в якій чітко визначено перелік об'єктів управління державної власності. Згідно цього Закону щодо повноважень і реалізації прав держави як власника таких об'єктів, пов'язаних з володінням, користуванням і розпорядженням ними у межах визначених законодавством України з метою задоволення державних та суспільних потреб визначено тільки майно і корпоративні права, які належать державі і визначені у статутних капіталах господарських організацій. Це є автомобільні дороги, а не автобусний маршрут як шлях. При цьому право користування шляхом в певний проміжок часу є надуманим і не відноситься до переліку об'єктів, які мають ознаки майна. Визначений об'єкт конкурсу не відповідає законодавству, щодо права власності держави на об'єкт управління майном. Тут потрібно зазначити, в цьому випадку міжміська маршрутна мережа теж не є власністю держави, а повинна нести чисто супутній (інформаційний) характер. Додатково потрібно відмітити також, що законодавець не наділив організаторів перевезень на внутрішньообласних і міжобласних автобусних маршрутах правом на розпорядження

коштів, щодо компенсації за перевезення пільгової категорії пасажирів, а передав його районним управлінням соціального захисту. Наразі також відсутній механізм повернення коштів перевізнику за пільгові перевезення в організатора міжобласних перевезень.

Висновки

Таким чином, діюча конкурсна система уже протягом 15 років стала жерновами які перемелюють бізнес міжміських пасажирських перевезень, створила умови для прояву корупції і поступового знищення комерційної зацікавленості та зменшення інвестицій в бізнес перевезень на регулярних міжміських маршрутах.

Найбільш раціональним шляхом наближення правового поля законодавства України до європейських вимог щодо проведення конкурсів є сьогодні тільки у організаторів міських перевезень, де органи місцевого самоврядування є замовниками послуг, розпорядниками коштів, власниками землі та інфраструктури на ввіреній їм території. Об'єктом конкурсу в цьому випадку повинні бути види перевезень на визначеній території міст.

Приведення умов перевезень до європейських вимог роботи на міжміських маршрутах, створення рівних умов і підвищення підприємницького інтересу, враховуючи нинішнє важке положення в галузі можливе в найкоротший період. При цьому мають право на життя різні варіанти. Самим оптимальним в затратах для перевізника є наступний:

- встановити безтерміновий період дії, виданих на конкурсних засадах договорів-дозволів;
- регулярний вид перевезень наділити статусом головного виду перевезень;
- регулярно-спеціальний вид перевезень (школярі, працівники підприємств, екскурсії) для надання послуг в межах населених пунктів та прилеглих територій, що є економічно обгрунтованим за дозволом органів місцевого самоврядування;
- нерегулярний вид перевезень об'єднати з видом перевезень для власних потреб.

Надання послуг здійснювати на підставі попередньої сплати місцевого фіксованого податку, встановлений на клас і категорію автобуса, за кожен оборотний рейс або день поїздки. Обмеження додаткових видів перевезень мають право на дискусії і можуть мати різні форми та характер але незмінним і головним при цьому потрібно залишить економічну доцільність. При забезпеченні органом регулювання чіткого розмежування видів перевезень з визначеними критеріями доступу та умовами виконання кожного виду, створяться умови саморегуляції у формуванні єдиної маршрутної мережі регулярних перевезень, як самої комерційно-привабливої.

Для сталого розвитку таких умов, потрібна мобільність вказаної мережі сполучень яка буде надавати можливість перевізнику оперативно реагувати на потреби споживачів послуг без погодження регулятором. Така можливість буде при умові скасування державного реєстру міжміської маршрутної мережі і переведення її в статус інформації для споживачів послуг. При дотриманні регулятором зазначених умов, ліквідуються протиріччя між двома суб'єктами господарювання і підвищений комерційний інтерес у перевізників отримають автостанції, економічний стан яких прямо залежить від кількості заїздів автобусів.

Список літератури

1. Закон України "Про автомобільний транспорт" (Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2001, N 22, ст.105).
2. Закон України "Про ліцензування видів господарської діяльності" (Відомості Верховної Ради (ВВР), 2015, № 23, ст.158).
3. Закон України "Про управління об'єктами державної власності" (Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2006, N 46, ст.456).
4. Регламент (ЕС) № 1073/2009 Европейского парламента и Совета ЕС об общих правилах для доступа к международному рынку автобусного транспортного сообщения и о внесении изменений в Регламент (ЕС) 561/2006**. (новая редакция) (Страсбург, 21 октября 2009 года).
5. Постанова Кабінету Міністрів України від 03.12. 2008 р. № 1081 Витяг, Про затвердження "Порядку проведення конкурсу з перевезення пасажирів на автобусному маршруті загального користування".
6. Постанова Кабінету Міністрів України від 18.02.1997 р. № 176 "Про затвердження Правил надання послуг пасажирського автомобільного транспорту".
7. Журнал "Автоконтинент" N10 (132), 2013 р.
8. Журнал "Укравтотранс" N11 (28), 2015 р.

References

1. Zakon Ukrayiny (2001). "Pro avtomobil'nyy transport" [About road transport] (Vidomosti Verkhovnoyi Rady Ukrayiny (VVR), N 22, 105).
2. Zakon Ukrayiny (2015). "Pro litsenzuvannya vydiv hospodars'koyi diyal'nosti" [About licensing of kinds of economic activities] (Vidomosti Verkhovnoyi Rady (VVR), № 23, 158).
3. Zakon Ukrayiny (2006). "Pro upravlinnya obyektamy derzhavnoyi vlasnosti" [About management of objects of state ownership] (Vidomosti Verkhovnoyi Rady Ukrayiny (VVR), 2006, N 46, 456).
4. Rehlament (ES) (2009). № 1073/2009 Evropeyskoho parlamenta y Soveta ES ob obshchikh pravylakh dlya dostupa k mezhdunarodnomu rynku avtobusnoho transportnoho soobshchenyya y o vnesenyy yzmenenyy v Rehlament (ES) [Of the European Parliament and of the Council on common rules for access to the international market of bus transport and amending Regulation (EU)] 561/2006**. (novaya redaktsyya) (Strasburh, 21 oktyabrya 2009 hoda).
5. Postanova Kabinetu Ministriv Ukrayiny (2008). vid 03.12. 2008 r. № 1081 Vytyah, Pro zatverdzhennya "Poryadku provedennya konkursu z perevezennya pasazhyriv na avtobusnomu marshruti zahal'noho korystuvannya" [The order of carrying out competition on transportation of passengers on bus routes of common use].

6. *Postanova Kabinetu Ministriv Ukrayiny* (1997). vid 18.02.1997 r. № 176 "Pro zatverdzhennya Pravyl nadannya posluh pasazhyrs'koho avtomobil'noho transportu" [About approval of Rules of provision of passenger automobile transport].
7. *Zhurnal "Avtokontynent"* (2013). [Avtokontinent], N10 (132), 20.
8. *Zhurnal "Ukravtotrans"* (2015). [Ukravtotrans], N11 (28), 15.

КОНКУРСНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК В УСЛОВИЯХ УКРАИНЫ

П. А. Овчар

Аннотация. В статье предлагается анализ и решение проблемы про несогласованность и наличие противоречий национального законодательства рыночным условиям функционирования отрасли автомобильного транспорта.

Решение этой проблемы обеспечит финансовую стабильность деятельности перевозчика и развитие услуг автобусных перевозок в целом.

Ограничение дополнительных видов перевозок имеют право на дискуссии и могут иметь различные формы и характер но неизменным и главным при этом нужно оставит экономическую целесообразность. При обеспечении органом регулирования четкого разграничения видов перевозок по определенным критериям доступа и условиями выполнения каждого вида, создадутся условия саморегуляции в формировании единой маршрутной сети регулярных перевозок, как самой коммерчески-привлекательной. Для устойчивого развития таких условий, нужна мобильность указанной сети сообщений которая будет предоставлять возможность перевозчику оперативно реагировать на нужды потребителей услуг без согласования с регулятором. Такая возможность будет при условии отмены государственного реестра междугородной маршрутной сети и перевод ее в статус информации для потребителей услуг. При соблюдении регулятором указанных условий, ликвидируются противоречия между двумя субъектами хозяйствования и повышенный коммерческий интерес у перевозчиков получают автостанции, экономическое состояние которых прямо зависит от количества заездов автобусов.

Ключевые слова: *пассажирские перевозки, транспортный процесс, экономика, автомобильный транспорт, маршрут*

COMPETITIVE PROVISION OF PASSENGER TRANSPORT IN CONDITIONS OF UKRAINE

P. A. Ovchar

Abstract. The paper offers an analysis and solution to problem about the inconsistency and contradictions of national legislation, market conditions of functioning of the road transport industry.

The solution to this problem will ensure the financial stability of the carrier and services development of bus transportation in general.

The limit of additional types of transportation have the right to debate and can have different forms and character but always main it should leave economic feasibility. While providing the regulatory authority a clear delineation of the types of traffic on certain eligibility criteria and conditions of execution of each kind, the conditions of self-regulation in the formation of a common route network of regular services, as the most commercially attractive. For the sustainable development of such conditions, the desired mobility of the network a message which will allow the carrier to respond quickly to the needs of consumers of services without the consent of the regulator. This option will be subject to the cancellation policy of the state register long-distance route network and the status information for consumers. Subject to regulator these conditions, and eliminating the contradictions between the two entities and the increased commercial interest carriers will get the bus, the economic status of which directly depends on the number of arrivals of buses.

Key words: *passenger transport, transport process, economy, road transport, route*

УДК 666.62

АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ МАТЕРІАЛУ, ЩО ПРЕСУЄТЬСЯ

В. Н. Зубко, кандидат технічних наук

С. П. Соколік, інженер

Сумський національний аграрний університет

В. В. Чуба, кандидат технічних наук

***Національний університет біоресурсів і
природокористування***

e-mail: slovs@list.ru

Анотація. У статті виконано аналіз досліджень фізико-механічних властивостей рослинних матеріалів, як сировини для отримання паливних брикетів. Досліджено вплив даних властивостей на параметри і режими роботи устаткування для формування гранул та брикетів.

Величина продуктивності процесу просування суміші в циліндрі прес-екструдера в великій мірі залежить від сил тертя,

© В. Н. Зубко, С. П. Соколік, В. В. Чуба, 2016

The solution to this problem will ensure the financial stability of the carrier and services development of bus transportation in general.

The limit of additional types of transportation have the right to debate and can have different forms and character but always main it should leave economic feasibility. While providing the regulatory authority a clear delineation of the types of traffic on certain eligibility criteria and conditions of execution of each kind, the conditions of self-regulation in the formation of a common route network of regular services, as the most commercially attractive. For the sustainable development of such conditions, the desired mobility of the network a message which will allow the carrier to respond quickly to the needs of consumers of services without the consent of the regulator. This option will be subject to the cancellation policy of the state register long-distance route network and the status information for consumers. Subject to regulator these conditions, and eliminating the contradictions between the two entities and the increased commercial interest carriers will get the bus, the economic status of which directly depends on the number of arrivals of buses.

Key words: *passenger transport, transport process, economy, road transport, route*

УДК 666.62

АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ МАТЕРІАЛУ, ЩО ПРЕСУЄТЬСЯ

В. Н. Зубко, кандидат технічних наук

С. П. Соколік, інженер

Сумський національний аграрний університет

В. В. Чуба, кандидат технічних наук

***Національний університет біоресурсів і
природокористування***

e-mail: slovs@list.ru

Анотація. У статті виконано аналіз досліджень фізико-механічних властивостей рослинних матеріалів, як сировини для отримання паливних брикетів. Досліджено вплив даних властивостей на параметри і режими роботи устаткування для формування гранул та брикетів.

Величина продуктивності процесу просування суміші в циліндрі прес-екструдера в великій мірі залежить від сил тертя,

© В. Н. Зубко, С. П. Соколік, В. В. Чуба, 2016

що виникають між матеріалом, поверхнею циліндра і шнека. При цьому значення коефіцієнта тертя суміші по циліндру повинно перевищувати величину тертя суміші по шнеку, що також підтверджується і на практиці.

Фізико-механічні властивості рослинної маси непостійні в часі і просторі. Вони неоднаково виявляють себе в залежності від параметрів стану: температури, гранулометричного складу, вологості та ін.

У зв'язку з цим врахування всіх фізико-механічних властивостей рослинних матеріалів в аналітичних залежностях ускладнене не тільки через множинність, а й через непостійність їх значень в часі і просторі.

Більшість фізико-механічних властивостей рослинного матеріалу прямо обумовлені вологістю, температурою, масовою часткою компонентів і гранулометричним складом. Необхідно знайти такий стан рослинного матеріалу, при якому з найменшими витратами енергії можна отримати гранули, що задовольняють якісними показниками. Дослідникам процесу гранулювання доводиться рахуватися з вологістю, температурою і довжиною частинок пресованої маси. Існує таке їх поєднання, при якому можуть бути мінімальними енергоємність пресування і крихкість отриманих гранул.

Процес гранулювання складається з декількох послідовних етапів: стиснення, витримки під тиском, зняття тиску, релаксації напружень, витримки без тиску, випресування і пружного розширення гранули після вилучення з камери. Основні витрати енергії припадають на перший етап стиснення порції рослинного матеріалу до необхідної щільності. Отже, оцінку стану вихідної рослинної маси з енергетичних витрат з достатньою достовірністю можна здійснити за питомою роботою стиснення.

Ключові слова: *гранула, брикет, пресування, фізико-механічні властивості, рослинна маса, коефіцієнт тертя*

Постановка проблеми. Останніми роками як у світі, так і в Україні зокрема, в зв'язку з подорожчанням енергоносіїв, все більше уваги почали приділяти біопаливу, що виробляється з високопродуктивних енергетичних культур.

Виробництво енергії з відновлювальних джерел, включаючи біомасу, динамічно розвивається в більшості європейських країн. Наприклад, основною сировиною для виробництва біопалива у Бразилії є цукрова тростина, у США – кукурудза (з 1 т соняшнику на силос можна отримати від 200 до 400 м³ біогазу). В європейських країнах, а особливо в Німеччині, постійно збільшується виробництво біопалива з цукрових буряків.

Одним із найперспективніших альтернативних джерел енергії на сьогодні є тверда біомаса органічного походження, в тому числі і рослинного, яка є екологічно чистим відновлювальним джерелом енергії. Енергія біомаси еквівалентна 2 млрд т у. п./рік, що становить близько 13–15% загального використання первинних енергоресурсів світу. Частка України, за деякими оцінками, становить близько 50 млн т у. п., але економічно доцільний потенціал біомаси оцінюється у 27 млн т у. п./рік [1].

Аналіз останніх досліджень. Сільськогосподарське виробництво України як і більшості європейських країн, поступово перетворюється з споживача енергії в її виробника. В Європі на сьогоднішній день близько 50% поновлюваних джерел енергії виробляється з біомаси, що становить 4% від загального попиту енергетичних ресурсів.

Сьогодні біомаса – четверте за значенням паливо у світі, яке дає близько 2 млрд. т. у. п. енергії в рік, що становить близько 14% загального споживання первинних енергоносіїв у світі. Світовий досвід показує, що найбільш перспективною і популярною категорією енергетичних ресурсів є тверді біопалива.

Біоенергетична забезпечення сільської місцевості базується на вирощуванні енергетичних культур і використанні інших місцевих ресурсів. Для України цей напрям дуже актуальний, враховуючи високу природну родючість ґрунтів.

Ефективність біоенергетики в значній мірі залежить від раціональних технологій вирощування і переробки вирощеної біомаси [1]. В Україні основні ресурси біомаси зосереджені в сільському господарстві. Тільки в рослинництві рослинні залишки складають 50-60 млн. Тонн, а в тваринництві накопичується більше 220 млн. т гною і посліду [2].

Але в межах таких аграрних країн як Україна не слід забувати про потенційні можливості рослинної маси. Тут споживається 230...300 млн. Тонн умовного палива на рік, основна частка якого припадає на вугілля, нафту і природний газ. Аналіз розвитку технологій енергетичного споживання сільськогосподарської продукції в Україні показує, що рослинна маса є одним з найбільш перспективних поновлюваних джерел для отримання біопалива [3]. У межах нашої країни щорічний надлишок соломи та стебел основних сільськогосподарських культур становить близько 15–20 млн. т., що з енергетичної точки зору можна вважати еквівалентним значній кількості умовного палива [4].

Використання рослинної маси в енергетичних цілях можливо лише при її більш компактному зберіганні в ущільненому вигляді [5]. Класифікація способів ущільнення стеблової частини врожаю

пресуванням може бути зроблена за видом кінцевих продуктів. При цьому розрізняють способи пресування в тюки (звичайні або підвищеної щільності), рулони, брикети, гранули та ін.

Найбільш досконалими способами пресування є брикетування і гранулювання, що дозволяють отримати найбільш високий ступінь ущільнення.

Фізична суть пресування зводиться до зближення і зчеплення частинок твердої фази, тобто до ущільнення і зміцнення розпушеної маси шляхом механічного тиску.

Рослинна маса є об'єктом пресування. Тому ефективність даного процесу у вирішальній мірі залежить від фізико-механічних властивостей пресованого матеріалу.

Аналіз технологій виробництва брикетів з рослинних матеріалів показав, що нині виникла потреба в дослідженнях, спрямованих на зниження енергоємності процесу перероблення рослинних відходів на тверде біопаливо на стадіях сушіння та пресування; удосконалення конструкцій існуючих машин для ущільнення сировини з метою підвищення їх надійності, розширення функціональних можливостей у забезпеченні пресування різних видів рослинних матеріалів, а також вивчення оптимальних параметрів сировини для отримання високої щільності брикетів.

Вчені Г. Г. Гелетуха, В. А. Герасимович, В. О. Дубровін, Т. А. Железна, Д. П. Кіндзера та інші зробили значний внесок щодо перспектив використання біомаси для виготовлення газоподібного, рідкого і твердого палива. Ці вчені досліджували параметри технологічних процесів і режими роботи обладнання, показники ефективності використання біопалива.

Рослинна маса може складатися з декількох компонентів, різних навіть за природою походження і структурою.

На процес стиснення істотно впливають пружні, в'язкі і фрикційні властивості рослинного матеріалу. До них в першу чергу відносяться модуль Юнга, коефіцієнт Пуассона, коефіцієнти в'язкості і тертя. Велике значення має пористість, співвідношення компонентів в суміші, частка фазових складових (тверда речовина, рідина і газова фаза). Багато дослідників враховували такі властивості як релаксація напружень гранули та її пружне розширення, точка адсорбції води на поверхні частинок, критична щільність, теплоємність, теплопровідність та ін. властивості гранул безпосередньо пов'язані зі специфічними властивостями рослинного матеріалу і його сумішей, і від них залежать режими роботи пресового устаткування.

Величина продуктивності процесу просування суміші в циліндрі прес-екструдера в великій мірі залежить від сил тертя, що

виникають між матеріалом, поверхнею циліндра і шнека. При цьому значення коефіцієнта тертя суміші по циліндру повинно перевищувати величину тертя суміші по шнеку, що також підтверджується і на практиці.

Слід зазначити, що в процесі руху суміші по поверхні циліндра прес-екструдера спостерігається два види тертя: внутрішнє тертя – між шарами суміші і зовнішнє тертя суміші по поверхні циліндра [6, 7]. В процесі екструзії суміші відбувається руйнування її компонентів в зазорі між кромкою гвинтової лінії шнека і ребрами циліндра.

На вибір конструктивних параметрів прес-екструдера і оптимальних технологічних режимів його роботи вирішальне значення мають показники, що характеризують зсувні властивості шарів вихідної сировини матеріалу, до них відносять: пружність, в'язкість, пластичність матеріалу [8, 9].

Мета досліджень. Основним завданням на даному етапі досліджень є вивчення впливу фізико-механічних властивостей рослинної маси на кількісні і якісні показники процесу пресування.

Рішення поставленого питання дозволить почати роботи по обґрунтуванню конструктивних параметрів прес-екструдера і визначення оптимальних технологічних режимів процесу брикетування.

Результати досліджень. У роботах [10, 11], автори досліджують реологічні властивості рослинних кормо сумішей для брикетування, в роботі [11] на основі дослідження побудували механічну модель процесу деформації стеблових рослинних матеріалів, також відзначено що в порівняно вузькому інтервалі напруг зсуву ефективна в'язкість різко зменшується.

Лихачов Ф. С. в своїй роботі зазначає, що в'язкість і максимальне напруження зсуву досліджуваної суміші різко змінюються при зміні температурного режиму. При зниженні температури рослинної суміші з $+333^{\circ}\text{K}$ до $+290^{\circ}\text{K}$ в'язкість збільшилася майже вдвічі [12].

Визначенням коефіцієнтів тертя зерна об різні поверхні при різних умовах ковзання займалися як вітчизняні так і зарубіжні вчені.

В роботі [14] визначили коефіцієнт тертя в залежності від режимів ковзання. Для різних видів зерна значення коефіцієнтів тертя коливаються в межах 0,25–0,6. Помічено, що зі збільшенням швидкості ковзання коефіцієнт тертя зменшується, а зі збільшенням вологості зерна коефіцієнт тертя зростає [13, 14]

Ширші дослідження коефіцієнта тертя провів на спеціально сконструйованому приладі автор роботи [15], яким виявлено, що коефіцієнт тертя при різних режимах ковзання змінюється в інтервалі 0,35–0,5. У цій роботі було відзначено, що зі збільшенням

чистоти поверхні ковзання f_{mp} зменшується, але зростає при зменшенні розміру подрібнених частинок матеріалу. Наведені роботи по визначенню коефіцієнта тертя маси проводились для умов, в яких не враховувалося нормальний тиск матеріалу на поверхню ковзання.

Симанович В. С. в роботі [16] наводить результати визначення коефіцієнта тертя в залежності від вологості комбікорми швидкості ковзання і нормального тиску. При цьому характер зміни f_{mp} в залежності від вологості було отримано таку. Зі збільшенням вологості комбікорми до 20% f_{mp} зменшується з 0,48 до 0,4 при подальше збільшення вологості до 35% f_{mp} , збільшується до 0,43. Автор також визначив, що зі збільшенням швидкості ковзання до 2 м/с f_{mp} зменшується від 0,48 до 0,45, а при зміні нормального тиску з 0,75 до 3 кПа, f_{mp} зменшується від 0,5 до 0,38.

Єгоров В. Т. [17] зазначає, що з підвищенням вологості комбікорму і його температури коефіцієнт тертя його зменшується до 0,25. Також як і автор роботи [18] Гриб В.К. підтверджує зменшення f_{mp} рослинного матеріалу зі збільшенням нормального тиску і збільшенням вологості вище 30%, Наприклад, при збільшенні нормального розподілу від 1117,2 Па до 3351,6 Па f_{mp} падає при відповідних значеннях вологості: $W = 12,37\%$, $f_{mp} = 0,2256 - 0,35$; $W = 35\%$ $f_{mp} = 0,13 - 0,19$. Автор вважає, що при подальшому зростанні нормального тиску до 7840 Па f_{mp} залишається постійним $f_{mp} = 0,20$.

Ігнатьевський Н. Ф. і Острецов В. Н. проводили дослідження з визначення коефіцієнта тертя рослинного матеріалу методом планування експерименту. Досліди проводилися на установці, розробленій в лабораторії брикетування рослинного матеріалу. Робочими органами установки є матриця, пластина з нагрівальним елементом, верхній і нижній пуансони [19].

Для розрахунку коефіцієнта тертя використовували формулу:

$$f = P_T / (P_o * 2F).$$

де: P_T – горизонтально спрямоване зусилля на протягування пластини, Н; P_o – осьовий тиск, МПа; F – площа пластини в матриці, м².

Склад рослинної суміші: солом'яна різка – 40%, комбікорм – 40%; трав'яна мука – 20%. Для оцінки ступеня впливу факторів на коефіцієнт тертя ними був реалізований багатофакторний експеримент. Були прийняті чотири фактори, що впливають на величину коефіцієнта тертя: вологість рослинного матеріалу суміші, %; тиск пресування, МПа; температура матричного каналу, К; швидкість переміщення рослинної суміші, м/с.

Після реалізації багатофакторного експерименту ними було отримано рівняння регресії, яке після розкодування мало вигляд:

$$f = 0,1366 - 0,132 \times 10^{-4} W^2 - 0,726 \times 10^{-7} T^2 - 0,38 \times 10^{-5} WP.$$

Дослідні дані досить близько збігаються з розрахунковими. З отриманих результатів досліджень випливає, що для мінімізації коефіцієнта тертя, а отже, отримання можливості збільшення часу перебування рослинного матеріалу в матричному каналі необхідно (в розглянутих межах варіювання факторів) прагнути до збільшення вологості рослинної суміші та температури матриці. При цьому слід враховувати енерговитрати на створення високої температури матриці. Також були визначені деякі характеристики фізико-механічних властивостей повнораціонних соломистих кормосумішей Челишева С. В. [20]. До складу гранульованих кормосумішей для великої рогатої худоби і овець включається солома, подрібнена до частинок розміром від 0,001 до 0,050 м в кількості 30–60% по вазі, дроблене зерно із середнім розміром частинок 0,001–0,003 м від 20 до 50%, трав'яне борошно від 10 до 20%, білкові, мінеральні мікро- і макродобавки до 3–5%. Вологість таких кормосумішей на різних етапах обробки коливається від 12% до 20% і більше.

Необхідною умовою вирішення завдань, пов'язаних з тертям, є встановлення області, в якій протікають цілком певні процеси, які обумовлюють ті чи інші види взаємодії контактуючих матеріалів і середовища. Іншими словами «закони тертя» без вказівки меж їх застосування втрачають будь-який сенс. Це положення дуже істотно, особливо в даному випадку екструдювання, тому що тертя в цьому процесі відіграє важливу роль. Це полягає в тому, що маса в процесі обробки змінює свою фізико-хімічну структуру, піддається змінним впливам тиску і температури. Крім того, тертя істотно впливає на продуктивність прес-екструдера, його тепловий режим, на правильний вибір оптимальної геометрії шнека і підбір конструктивних матеріалів для виготовлення шнека і корпусу циліндра.

Ілюстрацією мінливості коефіцієнта тертя при сталості певних факторів, що впливають на зерно, може служити результат наступного досвіду (рис. 1).

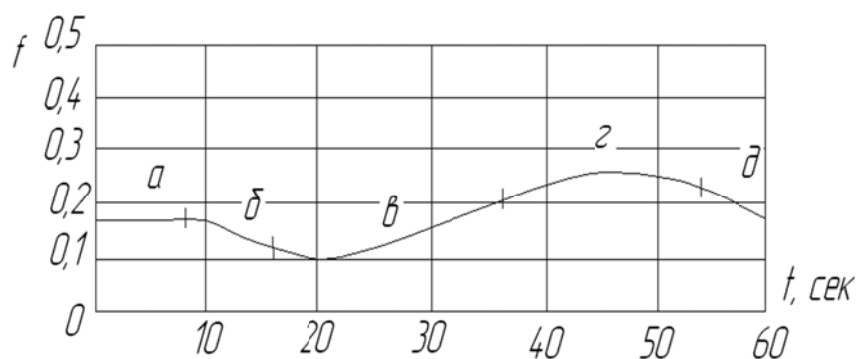


Рис. 1. Залежність сили тертя від часу ковзання по поверхні.

Сила тертя, що виникає при ковзанні зерна ячменю вологістю 15%, при впливі нормального тиску в 3 кПа і швидкості ковзання по сталі, що дорівнює 3 м/с, змінюється в часі таким чином. У перші десять секунд (зона «а») вона майже постійна, але в міру згладжування шорсткості поверхні зерна - падає (зона «б»). Надалі сила тертя збільшується, з огляду на фізико-механічні перетворення на поверхні тертя зерна внаслідок збільшення температури за рахунок тертя матеріалу об поверхню ковзання (зона «в»). Потім сила тертя зменшується (зона «г») і після 53 з дещо вирівнюється (зона «д»).

При дослідженні випробуваного зерна на мікроскопі МІМ-7, виявлено, що з зони «г» поверхню тертя починає ставати склоподібною і в зоні «д» цей процес сповільнюється.

Отже, в кожній із зон в площині тертя протікають процеси цілком певні для кожної з них, але відмінні між собою. Тому і закони тертя в цих зонах різні.

Так як процес екструзії триває не більше 20 секунд, ми обмежилися дослідженням коефіцієнта тертя тільки в зоні «а» вважаючи, що процеси, що відбуваються в площині тертя визначені і постійні. Це дозволяє досягти достовірності в визначенні закономірностей зміни коефіцієнта тертя в залежності від різних факторів. З наведених вище робіт по визначенню коефіцієнта тертя рослинних матеріалів видно, що представлені різними авторами значення коефіцієнта тертя при однакових умовах досвіду різні. Наприклад, значення коефіцієнта тертя зерна коливається від 0,2 до 0,5, а комбікормів від 0,2 до 0,47.

Певною мірою, розбіжності в вищенаведених значеннях коефіцієнта тертя зерна і комбікорми можна пояснити, так як ці речовини анізотропні і різні за своїм хімічним складом навіть в межах одного сорту.

Висновки

Фізико-механічні властивості рослинної маси непостійні в часі і просторі. Вони неоднаково виявляють себе в залежності від параметрів стану: температури, гранулометричного складу, вологості та ін.

У зв'язку з цим врахування всіх фізико-механічних властивостей рослинних матеріалів в аналітичних залежностях ускладнене не тільки через множинність, а й через непостійність їх значень в часі і просторі.

У той же час більшість фізико-механічних властивостей рослинного матеріалу, особливо важливих в процесі пресування, прямо обумовлені вологістю, температурою, масовою часткою компонентів і гранулометричним складом. Вони в переважній мірі

визначають поведінку рослинного матеріалу в процесі стиснення, витримки порції під тиском, при релаксації напружень і в умовах пружного розширення гранул після їх вилучення з камери.

В силу неможливості обліку всіх фізико-механічних властивостей, що впливають на процес гранулювання, необхідно знайти такий стан рослинного матеріалу, при якому з найменшими витратами енергії можна отримати гранули, що задовольняють якісними показниками.

Оптимізацію стану рослинного матеріалу здійснюють за її основними параметрами. Дослідникам процесу гранулювання доводиться рахуватися з вологістю, температурою і довжиною частинок пресованої маси.

Ці параметри значною мірою визначають стан вихідної рослинної маси. Очевидно, існує таке їх поєднання, при якому можуть бути мінімальними енергоємність пресування і крихкість отриманих гранул.

Процес гранулювання складається з декількох послідовних етапів: стиснення, витримки під тиском, зняття тиску, релаксації напружень, витримки без тиску, випресування і пружного розширення гранули після вилучення з камери.

Ефективність всього процесу залежить від ступеня досконалості здійснення кожного етапу. Оцінка стану вихідної рослинної маси по кожному етапу окремо з узагальненням результатів по всьому процесу є найбільш повною. Однак основні витрати енергії припадають на перший етап стиснення порції рослинного матеріалу до необхідної щільності. Отже, оцінку стану вихідної рослинної маси з енергетичних витрат з достатньою достовірністю можна здійснити за питомою роботою стиснення.

Список літератури

1. Захарків Г. 2010: Виробництво рідких біопалив в умовах модельного господарства / Г. Захарків // Мотрол. – Люблін. – 12Б. – Р. 189–193.
2. Таргоня Б. 2010: Визначення залежності виходу біогазу и ступеня біоконверсії органічної речовини від типу и часу ферментації в біотехнологічному процесі метанового зброджування відходів тваринництва / Б. Таргоня // Мотрол. – Люблін. – 12Б. – Р. 86–90.
3. Пуговиця М. 2006: Зелені технології, або як створити еколого-енергетичну безпеку країни / М. Пуговиця // Пропозиція. – № 4. – С. 126–128.
4. Мельничук М. 2006: Тенденции развития био-энергетики в Украине / М. Мельничук, В. Таргоня, Г. Гелетуха // Зерно. – Іюнь. – С. 84–87.
5. Жовмир Н. 2007: Солома обогреет села / Н. Жовмир, Е. Олейник, С. Чаплыгин // Агро-сектор. – № 5 – С. 28–30.
6. Кукта Г. Машины и оборудование для приготовления кормов / Г. Кукта. – М.: Агропромиздат, 1987. – 303 с.: ил.
7. Кулаковский И. Машины и оборудование для приготовления кормов : Справочник в 2 частях 4 1: / И. Кулаковский, Ф. Кирпичников, Е. Резник. – М.: Росагропромиздат, 1987. – 289 с.: ил.

8. *Макаров Е.* Определение параметров процесса экструзии кормов и разработка методики расчета пресс-экструдера : дис... к.т.н. – М., 1985. – 190 с.
9. *Новиков В.* Исследование рабочего процесса и обоснования параметров пресс-экструдера для приготовления карбамидного концентрата : дис... к.т.н. – Саратов: СИМСХ, 1981. – 157 с.
10. *Машины и аппараты для пищевых производств / В 2 кн. 1 : учеб. для вузов / С. Антипов, И. Кретов, А. Остриков и др. ; под ред. акад. РАСХН В. Панфилова.* – М.: Высшая школа, 2001. – 703 с.: ил.
11. *Методика (основные положения) определения экономической эффективности использования в народном хозяйстве новой техники, изобретений и рационализаторских предложений.* – М.: ВНИИПИ, 1986. – 56 с.
12. *Лихачев Ф.* Исследование физико-механических свойств брикетируемых кормов / *Ф. Лихачев* // Записки ЛСХИ. – Т. 311. – 1976. – С. 15–25.
13. *Симанович Б.* Исследование и обоснование параметров шнековых дозаторов для раздачи комбикормов на молочно-товарных фермах КРС : Автореферат на соискание ученой степени к.т.н. – Минск, 1975. – 26 с.
14. *Мельников С.* Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов / *С. Мельников, В. Алешкин, П. Рошхин.* – Л.: Колос, 1980. – 168 с.
15. *Ханин В.* Ресурсосберегающий процесс экструзионной обработки зернового сырья : Дис... к.т.н. – Оренбург, 1999. – 142 с.
16. *Егоров В.* Методы и приборы для определения коэффициента сопротивления сдвигу и коэффициента внутреннего трения зерновых продуктов / *В. Егоров* // Труды ВНИИЗ. – Вып. 79. – 1974. – С. 46–48.
17. *Гриб В.* Определение коэффициента трения комбикормов / *В. Гриб* // Научные труды БИМСХ. – Вып. 14. – 1970. – С. 14–16.
18. *Корма / Справочная книга под ред. М. Сурыгина.* – М.: Колос, 1977. – 368 с.
19. *Челышев С.* Коэффициенты трения комбикормов при режимах процесса гранулирования / *С. Челышев* // Труды Горк. с.-х. ин-та. – 1974. – Т. 30. – С. 132.
20. *Мельников С.* Механизация и автоматизация животноводческих ферм / *С. Мельников.* – Л.: Колос, 1978. – 560 с.

References

1. *Zakharkiv, H.* (2010). Vyrobnyt-stvo ridkykh biopalyv v umovakh model'noho hospodarstva [The production of liquid biofuels in terms of model farms]. Motrol. Lyublin, 12B, 189–193.
2. *Tarhonya, B.* (2010). Vyznachennya zalezhnosti vykhodu biohazu y stupenya biokonversiyi orhanichnoyi rehovyny vid typu y chasu fermentatsiyi v biotekhnolohichnomu protsesi metanovoho zbrodzhuvannya vidkhodiv tvarynnyystva [The estimation of the biogas yield and the degree of bioconversion of organic substances by the type and time of fermentation in biotechnological process of methane fermentation of animal waste]. Motrol. Lyublin, 12B, 86–90.
3. *Puhovytsya, M.* (2006). Zeleni tekhnolohiyi, abo yak stvoryty ekoloho-enerhetychnu bezpeku krayiny [Green technology, or how to create environmental and energy security of the country]. Offer, 4, 126–128.
4. *Mel'nychuk, M., Tarhonya, V., Heletukha, H.* (2006). Tendentsyy razvytyya byo-enerhetyky v Ukrainy [Trends of bioenergy development in Ukraine]. Grain, Yyun', 84–87.
5. *Zhovmyr, N., Oleynyk, E., Chaplyhyn, S.* (2007). Soloma obohreet sela [Straw will warm the village]. Agro-sector, № 5, 28–30.

6. *Kukta, H.* (1987). Mashyny y oborudovanye dlya pryhotovlenyya kormov [Machines and equipment for preparation of feed]. M.: Ahropromyzzdat, 303, yl.
7. *Kulakovskyy, Y., Kyrpychnykov, F., Reznik, E.* (1987). Mashyny y oborudovanye dlya pryhotovlenyya kormov : Spravochnyk v 2 chastyax 4 1: [Machines and equipment for preparation of feed : Reference book in 2 parts 4 1]. M.: Rosahrompromyzzdat, 289. yl.
8. *Makarov, E.* (1985). Opredelenye parametrov protsessa ekstruzyy kormov y razrabotka metody rasscheta press-ekstrudera [Determination of the parameters of the extrusion process feeds the development of the methodology calculation of the press-extruder] : dys... k.t.n. M., 190.
9. *Novykov, V.* (1981). Issledovanye rabocheho protsessa y obosnovanyya parametrov press-ekstrudera dlya pryhotovlenyya karbamidnoho kontsentrata [The study process and study parameters press-extruder for the preparation of carbamide concentrate] : dys... k.t.n. Saratov: SYMSX, 157.
10. *Antypov, S., Kretov, Y., Ostrykov, A.* (2001). *Mashyny y apparaty dlya pyshchevykh proyzvodstv* [Machines and apparatus for food production] / V 2 kn. 1 : ucheb. dlya vuzov y dr. ; pod red. V. Panfylova. M.: Vysshaya shkola, 703.
11. *Metodyka* (1986) (osnovnye polozhenyya) opredelenyya ekonomicheskoy effektivnosti yspol'zovanyya v narodnom hozyaystve novoy texnyky, yzobretenyy y ratsyonalizatorskyykh predlozhenyy [Methodology (basic provisions) of the definition of economic efficiency of use in the national economy of new equipment, inventions and innovations]. M.: VNYYPY, 56.
12. *Lyxachev, F.* (1976). Issledovanye fizyko-mekhanicheskyykh svoystv bryketyruemykh kormov [The study of physical and mechanical properties of briquetted feed]. Zapysky LSXY, T. 311, 15–25.
13. *Symanovych, B.* (1975). Yssledovanye y obosnovanye parametrov shnekovykh dozatorov dlya razdachy kombykormov na molochno-tovarnyykh fermakh KRS [Research and substantiation of parameters of the screw dispensers for dispensing animal feed on dairy farms cattle] : Avtoreferat na soyskanye uchenoy stepeny k.t.n. Mynsk, 26.
14. *Mel'nykov, S., Aleshkyn, V., Roshkhyn, P.* (1980). Planyrovanye eksperymenta v yssledovanyyakh sel'skoxozyaystvennykh protsessov [Experiment planning in researches of agricultural processes]. L.: Kolos, 168.
15. *Xanyn, V.* (1999). Resursosberehayushchyy protsess ekstruzyonnoy obrabotky zernovoho syrya [Sustainable process extrusions processing of grain raw material] : Dys... k.t.n. Orenburh, 142.
16. *Ehorov, V.* (1974). Metody y prybory dlya opredelenyya koeffytsyenta soprotivlenyya sdvyhu y koeffytsyenta vnutrenneho trenyya zernovykh produktov [Methods and devices for the determination of the shear resistance and coefficient of internal friction of grain products]. Trudy VNYYZ, Vyp. 79, 46–48.
17. *Hryb, V.* (1970). Opredelenye koeffytsyenta trenyya kombykormov [Determination of coefficient of friction of feed]. Nauchnye trudy BYMSX, Vyp. 14, 14–16.
18. *Korma* (1977). [Feed] / Spravochnaya pod red. M. Suryhyna, M.: Kolos, 368.
19. *Chelyshev, S.* (1974). Koeffytsyenty trenyya kombykormov pry rezhymakh protsessa hranulyrovanyya [The coefficients of friction of feed in the modes of pelletizing process]. Trudy Hork. s.-x. yn-ta, T. 30, 132.
20. *Mel'nykov, S.* (1978). Mekhanizatsyya y avtomatyzatsyya zhyvotnovodcheskyykh ferm [Mechanization and automation of livestock farms]. L.: Kolos, 560.

АНАЛИЗ ИССЛЕДОВАНИЙ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛА, ПРЕССУЕТСЯ

В. Н. Зубко, С. П. Соколик, В. В. Чуба

Аннотация. В статье выполнен анализ исследований физико-механических свойств растительных материалов, как сырья для получения топливных брикетов. Исследовано влияние данных свойств на параметры и режимы работы оборудования для формирования гранул и брикетов.

Величина производительности процесса продвижения смеси в цилиндре пресс-экструдера в большой степени зависит от сил трения, возникающих между материалом, поверхностью цилиндра и шнека. При этом значение коэффициента трения смеси по цилиндру должно превышать величину трения смеси по шнеку, что также подтверждается и на практике.

Физико-механические свойства растительной массы непостоянны во времени и пространстве. Они неодинаково проявляют себя в зависимости от параметров состояния: температуры, гранулометрического состава, влажности и др.

В связи с этим учет всех физико-механических свойств растительных материалов в аналитических зависимостях затруднено не только множественностью, но и через непостоянство их значений во времени и пространстве.

Большинство физико-механических свойств растительного материала прямо обусловлены влажностью, температурой, массовой долей компонентов и гранулометрическим составом. Необходимо найти такое состояние растительного материала, при котором с наименьшими затратами энергии можно получить гранулы, которые удовлетворяют качественным показателям. Исследователям процесса гранулирования приходится считаться с влажностью, температурой и длиной частиц прессуемой массы. Существует такое их сочетание, при котором могут быть минимальными энергоёмкость прессования и хрупкость полученных гранул.

Процесс гранулирования состоит из нескольких последовательных этапов: сжатия, выдержки под давлением, снятие давления, релаксации напряжений, выдержки без давления, випрессування и упругого расширения гранулы после извлечения из камеры. Основные затраты энергии приходятся на первый этап сжатия порции растительного материала до требуемой плотности. Следовательно, оценку состояния исходной растительной массы из энергетических затрат с достаточной достоверностью можно произвести по удельной работе сжатия.

Ключевые слова: *гранула, брикет, прессование, физико-механические свойства, растительная масса, коэффициент трения*

ANALYSIS OF RESEARCHES OF PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF MATERIAL ARE PRESSED

V. N. Zubko, S. P. Sokolik, V. V. Chuba

Abstract. *The paper analyzes the research of physical and mechanical properties of plant materials, which are the raw material for production of fuel briquettes. The effect of these properties on the parameters and modes of operation of the equipment.*

Process performance size promote mixture in the cylinder of the extruder press heavily depends on the frictional forces generated between the material and the surface of the screw cylinder. The value of the coefficient of friction of the mixture in the cylinder must be greater than the friction mixture screw, which is also confirmed in practice.

Physical and mechanical properties of the plant mass are unstable in time and space. They manifest themselves differently depending on state parameters of temperature, size distribution, moisture content etc.

In this regard, a record of all the physical and mechanical properties of the plant material in the analytic dependency difficult not only because of the multiplicity, but also from the variability of their values in time and space.

Most of the physical and mechanical properties of plant material directly caused by humidity, temperature, mass fraction of components and size distribution. It is necessary to find a state of the plant material, in which the lowest energy consumption possible to obtain pellets satisfying quality indicators. Researchers granulation process to be reckoned with humidity, temperature and length of the compressed mass of particles. There is a combination in which the energy consumption can be minimized brittleness and pressing the resulting granules.

The process of granulation consists of several stages: compression, holding pressure, removing the pressure, the stress relaxation exposure without pressure, removing and elastic expansion of the granules after removal from chamber. Basic energy costs accounted for the first stage of compression portion of plant material to required density. So, the initial assessment of plant mass on energy costs with reasonable certainty can be achieved for a specific work of compression.

Key words: *granule, cake, pressing, physical and mechanical properties, plant mass, coefficient of friction*

**THEORETICAL ANALYSIS OF STRUCTURAL AND KINEMATICS
PARAMETERS OF COB-PEELING DEVICE FOR VEHICLE
OF CORN-GATHERING COMBINE**

V. Gruban

Mykolayiv State Agrarian University

K. Dumenko

Kirovograd National Technical University

I. Lisoviy

Uman National University of Horticulture

A. Bondarenko

Mykolayiv State Agrarian University

e-mail: traktora1@rambler.ru

Abstract. *The thesis is devoted to improving the universality and effectiveness of the maize technology by developing technological module, which can be used for corn for grain and seed and sweet corn.*

In carrying out the thesis promoted Patent Information Search, studied literature on the problems of mechanized corn harvesting.

Comparative multicriteria analysis of existing domestic and foreign technology and existing functional schemes of different variants of layout corn equipment installed feasibility of developing a new cob-separating device device process module adapted to modern conditions of harvesting, as well as the possibility of its use for corn for grain, seed and sweet corn.

The analysis of the various designs cleaning technique developed classification scheme cobs devices for separation, which can reveal features of the implementation process for each generation devices, traffic patterns set corn plant components and identify the main advantages and disadvantages of each of the structures.

In theoretical analysis of mathematical models of different ways of separating heads from the stems (tensile, impact, fracture, torsion) A new set of features and patterns of nature destruction stalk, and also the efforts resulting in the intersection of the stem with all types of loads.

Based on experimental studies proved rational structural and kinematic parameters of the proposed module. Thresholds established four main structural and technological factors that are crucial for the proposed process module.

Production tests proved the effectiveness and efficiency of its work.

Key words: **corn-gathering machines, cob-peeling devices, pressuring device**

© V. Gruban, K. Dumenko, I. Lisoviy, A. Bondarenko, 2016

Introduction. The technical level of corn gathering combines as well as of all agricultural machines, is determined by the degree of perfection in basic working organs and indexes of quality of implementation in technological process, its reliability, power-consumption and resource-demanding. The quality of implementation in technological process criteria are regulated by agrotechnical requirements on a machine for collection of corn on grain. Without the observance of these requirements no corn-gathering technique can be called modern and effective and it cannot be competitive.

Analysis of previous researches results. The great work on the experimental and the theoretical study in this field are conducted by the different research institutes of the former USSR and designer bureau of the Kherson combine plant. Deep theoretical researches dedicated to the calculations of cob-peeling devices were carried out by such famous scientists as A. Buyanov, V. Bondarjov, M. Rezyk etc. But these researches do not give the necessary data for resolving number of tasks in the calculation of cob-peeling devices, they mostly explain the questions of the calculations of their passing features and the efficiency of corn-gathering machines. Existing modern elements of the theory methodologically relies on the theory of the working machine's efficiency, provided for other fields of machine-building, the theory of machines and combines exploitation and the studying of corn-gathering machines' work into the virtual circumstances of exploitation [1–3].

The practice of corn-gathering machines design today requires to work out the theory of the corn-gathering machine's efficiency, which is tightly connects the process of design and the real circumstances of exploitation. This could give the possibility to detect the unproductive usage of working hours, to find the ways of its increasing and to get the necessary data for prediction of the further machines improving while designing them.

Exposition of basic material. Modern cob-peeling devices at best under certain conditions are able to provide the degree of purification of cobs wrappers at 86–90%. The degree of purification cobs from wrappers by cob-peeling devices depends on many factors, including the length and amount of steam cleaning rollers, the angle of the horizon and speed, the activity of the working surfaces of rollers and their diameter, the presence of clamping devices and others. The contact force clamping the fork blades has great influence on the quality of cleaning process, which ultimately affects its amortization.

Fig. 1 shows the kinematics of the interaction of the clamping device with rubber blades 2 and fork 1. Let's consider the three most typical mutual position of a single blade and fork: fig. 1a corresponds to the initial moment of contact, Fig. 1b shows the moment when the blade

is curving to the position of *max* bending and Fig. 1c shows the moment when the blade is curving after passing the position of *max* bending. Let's consider the mathematical model of the interaction of the blade at the time of *max* deformation. The rubber blade will assume a flat elastic rod with a console fixing in it A (Fig. 2) Analysis of the blade as elastic beams – console shows that it is subjected to great deformation of deflection.

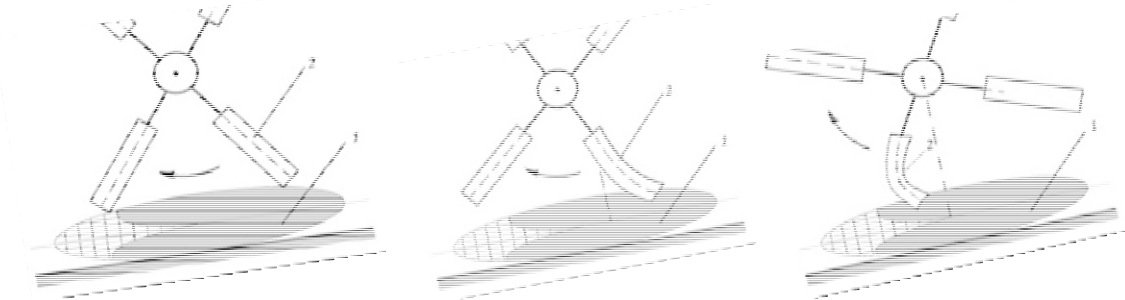


Fig. 1. Kinematics in interaction of clamping device.

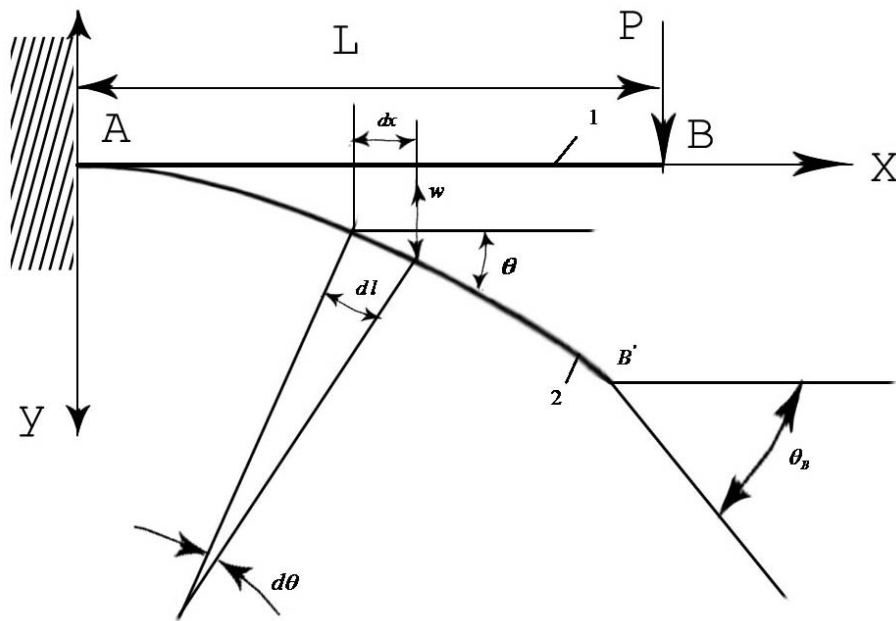


Fig. 2. Scheme of the great depression console: 1 – starting position, 2 – deflection position.

For the mathematical description it should be used the theory of bending beams with large deflection [4]. We believe that the console is influenced by the power P' attached to the free end of the console. According to [5] beam deformation equation is:

$$EI \frac{d\theta}{dl} = -M, \quad (1)$$

where: E – modulus of elasticity of the material; I – moment of inertia of the cord; θ – bending angle (angle of the line basins); dl – element curve bending beam; M – bending moment.

Moment of inertia of the beam:

$$I = \frac{bh^3}{12}, \quad (2)$$

where: b – width of the blade; h – the thickness of the blade. The current length of the beam l lies in the range $0 \leq l \leq L$ where L – length of the blade. The value of the curvature of the beam $d\theta / dl$ is associated with a bend $w(x)$ known formula [1]:

$$\frac{d\theta}{dl} = \frac{\frac{d^2w}{dx^2}}{\left[1 + \left(\frac{dw}{dx}\right)^2\right]^{3/2}}, \quad (3)$$

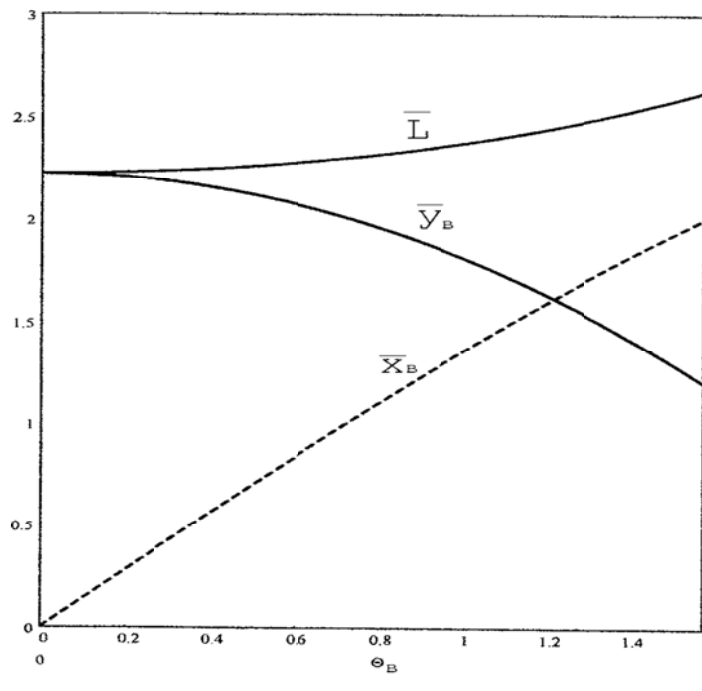


Fig. 3. Dependence of $\bar{L}$, $\bar{y}_B$, $\bar{x}_B$, bending in point B .

In the case of small deformations $w (dw / dx)^2 < 1$ formula (3) takes the form:

$$\frac{d\theta}{dl} \approx \frac{d^2w}{dx^2}, \quad (4)$$

which is the basis of the linear theory of bending, but in this case it cannot be applied. Bending equation (1) must be supplemented with boundary conditions:

- at the fixed end:

$$l = 0: \quad \theta = \pi / 2, \quad (5)$$

- at the free end:

$$l = 1: \quad M = 0. \quad (6)$$

Thus, determining of the parameters of bending beam has boundary value problem (1), (5), (6). Integrating equation (1) with the boundary conditions (5), (6) we can get:

$$l = \sqrt{\frac{EI}{2p}} \int_0^{\pi/2} \frac{d\theta}{\sqrt{\cos \theta_B - \cos \theta}}, \quad (7)$$

where: l – angle bending at the free end beam with $l = L$.

Let's make Perform some calculations. Fig. 3 shows the results of calculation and Fig. 4 each *max* bending effect on the parameters Θ in the bending beam.

Wondering ratio H/L the curve $H/L(\theta_B)$. Defining the angle Θ_B we'll find contact force p_1 .

$$p_1 = \left(\frac{IE}{2L^2} \right) \left(\int_0^{\theta_B} \frac{d\theta}{\sqrt{\cos \theta - \cos \theta_B}} \right)^2; \quad (8)$$

or

$$p_1 = \left(\frac{IE}{2H^2} \right) \left(\int_0^{\theta_B} \frac{\cos \theta d\theta}{\sqrt{\cos \theta - \cos \theta_B}} \right). \quad (9)$$

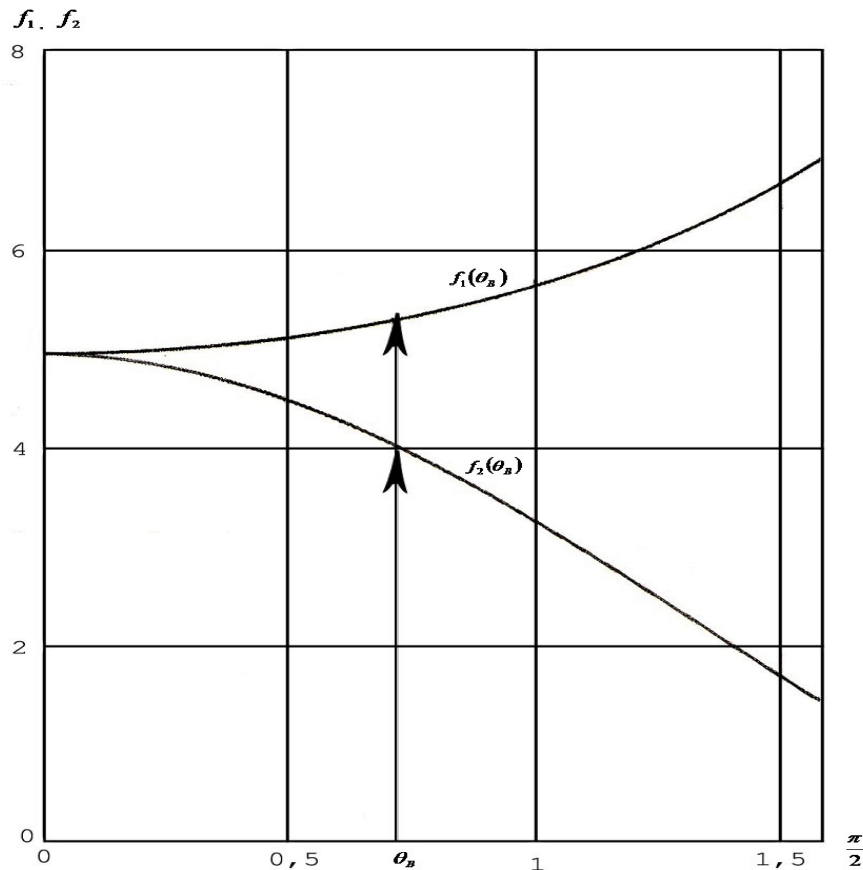


Fig. 4. Influence of *max* bending Θ_B on parameters of bending beams.

For easier calculation in Fig. 4 the graphs of functions are shown:

$$f_1(\theta_B) = \left(\int_0^{\theta_B} \frac{d\theta}{\sqrt{\cos \theta - \cos \theta_B}} \right)^2; \quad (10)$$

$$f_2(\theta_B) = \left(\int_0^{\theta_B} \frac{d\theta}{\sqrt{\cos \theta - \cos \theta_B}} \right)^2. \quad (11)$$

Conclusions. According to the conducted research theoretical and outgoing dependencies of corn cob is pressed against cleaning rollers with its weight and force of clamping blades. As a result of these forces action between the cob and rollers the contact forces N_1 , N_2 appears. In turn, forces F_1 , F_2 will seek to break the wrapper heads. In addition, as $N_1 \neq N_2$, $\mu_1 \neq \mu_2$ by virtue of inequality $F_1 \neq F_2$ will fork rotation on rollers. If $F_1 > F_2$, then the rotation will be clockwise when $F_2 \leq F_1$, rotation is counterclockwise.

References

1. *Ahropromyslovyy kompleks Ukrainy: stan, tendentsiyi ta perspektyvy rozvytku. Informatsiyno-analitychnyy zbirnyk (2000). Vyp. 5 / Za red. P. T. Sabluka ta in. K.: IAE UAAN, 647.*
2. *Khaylis, H. A., Fedorus', Yu. V. (2004). Mekhanika roslynnykh materialiv. Luts'k: Red.-vyd. viddil LDTU, 302.*
3. *Trubylyn, E. Y., Kravchenko, B. C., Severyn, Yu. D., Kurasov, B. C., Myronov, V. A. (2000). Mashyny dlya uborky y posleuborochnoy obrabotky kukuruzy. Krasnodar, KubHAU, 35.*
4. *Patent 7062896 USA, MKU³ A 01 D 45/02. Gathering and picking device having curved picking gam / A. Resing, R. Wuebbels.*
5. *Patent 7062897 USA, MKU³ A 01 D 45/02. Gathering and picking device / C. Rickert, D. Bongert.*

ТЕОРЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ СТРУКТУРНИХ ТА КІНЕМАТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ УДАР-ПІЛІНГУ ПРИСТРОЮ ДЛЯ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ КУКУРУДЗОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА

В. Грубан, К. Думенко, І. Лісовий, О. Бондаренко

Анотація. Стаття присвячена вдосконаленню універсальності і ефективності технології вирощування кукурудзи з розробкою технологічного модуля, який може бути використаний для кукурудзи на зерно і насіннєвий і солодкої кукурудзи.

При виконанні роботи проведено патентно-інформаційний пошук, вивчена література з проблем механізованого збирання кукурудзи.

Багатокритеріальний порівняльний аналіз існуючих вітчизняних і зарубіжних технологій та функціональні схеми різних варіантів компонування кукурудзозбирального обладнання. Встановлена доцільність розробки нового початкоотделяющего

пристрою, процес-модуля, адаптованого до сучасних умов прибирання, а також можливість його використання для кукурудзи на зерно, насіння та солодкої кукурудзи.

Аналіз різних конструкцій очисної техніки дозволив розробити класифікаційну схему пристрою для відокремлення качанів, які можуть виявити особливості процесу реалізації для кожного покоління пристроїв, трафік набору компонентів кукурудзи та визначити основні переваги і недоліки кожної з конструкцій.

У теоретичному аналізі математичних моделей визначено різні способи відділення головок від стебел (на розтяг, удар, злам, кручення), новий набір особливостей і закономірностей природи, руйнування стебла, а також зусилля у результаті перетину форштевня з будь-якими типами навантажень.

На основі експериментальних досліджень доведено раціональні конструктивно-кінематичні параметри запропонованого модуля. Встановлені порогові значення чотирьох основних структурних і технологічних факторів, що мають вирішальне значення для запропонованого модуля процесу.

Виробничі випробування показали ефективність цієї роботи.

Ключові слова: кукурудзозбиральна машина, удар-пілінг пристрій, тиск, пристрій

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СТРУКТУРНЫХ И КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ УДАР-ПИЛИНГА УСТРОЙСТВА ДЛЯ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА КУКУРУДЗОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА

В. Грубан, К. Думенко, И. Лисовый, А. Бондаренко

Аннотация. Статья посвящена совершенствованию универсальности и эффективности технологии выращивания кукурузы с разработкой технологического модуля, который может быть использован для кукурузы на зерно и семенной и сладкой кукурузы.

При выполнении работы произведен патентно-информационный поиск, изучена литература по проблемам механизированной уборки кукурузы.

Сравнительный многокритериальный анализ существующих отечественных и зарубежных технологий и существующие функциональные схемы различных вариантов компоновки кукурузоуборочного оборудования. Установлена целесообразность разработки нового початкоотделяющего устройства, процесс-модуля, адаптированного к современным условиям уборки, а также возможность его использования для кукурузы на зерно, семенной и сладкой кукурузы.

Анализ различных конструкций очистительной техники позволил разработать классификационную схему устройства для отделения початков, которые могут выявить особенности процесса реализации для каждого поколения устройств, трафик набора компонентов кукурузы и определить основные преимущества и недостатки каждой из конструкций.

В теоретическом анализе математических моделей определены различные способы отделения головок от стеблей (на растяжение, удар, излом, кручение), новый набор особенностей и закономерностей природы, разрушения стебля, а также усилия в результате пересечения форштевня с любыми типами нагрузок.

На основе экспериментальных исследований доказано рациональные конструктивно-кинематические параметры предлагаемого модуля. Установлены пороговые значения четырех основных структурных и технологических факторов, имеющих решающее значение для предлагаемого модуля процесса.

Производственные испытания показали эффективность этой работы.

Ключевые слова: кукурузоуборочная машина, удар-пилинг устройство, давление, устройство

УДК 631.352.4(088)

ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ БЕЗПІДПІРНОГО ЗРІЗУВАННЯ РОСЛИННОСТІ З ГЛИБИНИ ТИСЯЧОЛІТЬ І ДО СЬОГОДЕННЯ

О. М. Погорілець, кандидат технічних наук

М. С. Волянський, інженер

e-mail: mvolyanskij@yandex.ua

Анотація. Наведено в історичному розвитку знаряддя і косарки безпідпирного зрізування рослинності, систематизовано типи ротаційних косарок для заготівлі кормів у вигляді зеленого корму, сіна і сінажу, а також косарок для обкошування рослинності на обочинах доріг, відкосів і меліоративних каналах та видалення рослинності, що знаходиться у руслах меліоративних каналів, у садах, газонах тощо.

Ротаційні косарки з вертикальною віссю обертання роторів і в перспективі знайдуть широке застосування в косарках і

© О. М. Погорілець, М. С. Волянський, 2016

Анализ различных конструкций очистительной техники позволил разработать классификационную схему устройства для отделения початков, которые могут выявить особенности процесса реализации для каждого поколения устройств, трафик набора компонентов кукурузы и определить основные преимущества и недостатки каждой из конструкций.

В теоретическом анализе математических моделей определены различные способы отделения головок от стеблей (на растяжение, удар, излом, кручение), новый набор особенностей и закономерностей природы, разрушения стебля, а также усилия в результате пересечения форштевня с любыми типами нагрузок.

На основе экспериментальных исследований доказано рациональные конструктивно-кинематические параметры предлагаемого модуля. Установлены пороговые значения четырех основных структурных и технологических факторов, имеющих решающее значение для предлагаемого модуля процесса.

Производственные испытания показали эффективность этой работы.

Ключевые слова: кукурузоуборочная машина, удар-пилинг устройство, давление, устройство

УДК 631.352.4(088)

ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ БЕЗПІДПІРНОГО ЗРІЗУВАННЯ РОСЛИННОСТІ З ГЛИБИНИ ТИСЯЧОЛІТЬ І ДО СЬОГОДЕННЯ

О. М. Погорілець, кандидат технічних наук

М. С. Волянський, інженер

e-mail: mvolyanskij@yandex.ua

Анотація. Наведено в історичному розвитку знаряддя і косарки безпідпирного зрізування рослинності, систематизовано типи ротаційних косарок для заготівлі кормів у вигляді зеленого корму, сіна і сінажу, а також косарок для обкошування рослинності на обочинах доріг, відкосів і меліоративних каналах та видалення рослинності, що знаходиться у руслах меліоративних каналів, у садах, газонах тощо.

Ротаційні косарки з вертикальною віссю обертання роторів і в перспективі знайдуть широке застосування в косарках і

© О. М. Погорілець, М. С. Волянський, 2016

косарках-плющилках для заготівлі сіна і сінажу, як такі, що стійко виконують технологічний процес, незалежно від стану травостою і на високих поступальних швидкостях, 15 км/год і більше. Широке застосування набуватимуть і надалі ротаційні косарки для скошування рослинності на відкосах меліоративних каналів, в руслах меліоративних каналів на плаваючих косарках, на обочинах доріг, для окультурювання сіножатей і пасовищ, у пішохідних і їздових косарках на присадибних ділянках, у містах для обкошування квіткових клумб тощо.

Досвід використання ротаційних косарок свідчить, що найбільш ефективними є ротори еліптичної форми, з точки зору перекриття зон різання. З метою уникнення повторного перерізання зрізаного травостою, чим досягається зменшення втрат врожаю, доцільні ножі аркоподібної або прямокутної форми з відігнутою кінцевою частиною. В цьому питанні шукачам нового є необхідність вести пошуки ефективного різального апарата, в якому б ножі в зоні холостого ходу виходили із зони різання.

Ключові слова: *тенденція, розвиток, зрізування, рослина*

Вступ. Не вдаючись до запитань: коли і як виникло землеробство?; як воно було, коли в полі ще не гуло? – наведемо лише наступне.

Римський історик Пліній Старший у 77 р. нашої ери в «Естественной истории» описав машину галлів, які у I ст. н. е. запропонували машину для обчісування колосків хлібних зернових культур, так званий візок галлів. Такий візок являє собою ящик, що спирається на два дерев'яні колеса, спереду якого закріплена обчісувальна гребінка. До іншого кінця ящика прикріплено голоблі, в які запрягали тяглову силу (вола, коня, мула), що штовхала цей візок. Під час руху колоски затискалися між зубцями гребінки, а робітник, що рухався поруч, веслом збивав їх у ящик, заповнюючи його. Солома ж залишалася на корені, а потім її скошували. Обслуговували таку машину один або два робітники.

Наведене свідчить, що людина прийшла в землеробство не сама, а з тяговою силою і дуже давно – два тисячоліття тому. А тяглова сила, як правило, травоїдна істота. Отже основною турботою людини було не тільки добування хліба, а і рослинного корму: сіна, сінажу, зеленого корму тощо.

Постановка проблеми. А як рослини зрізували? З появою різців з кісток і каменю з'явилися ножі. Такі ножі, дерев'яні або кісткові, стали заробляти в держаках. Згодом з'явилися серпи з кремнієвими вкладишами та ножі закріплені під кутом до держака. З появою міді, бронзи і заліза різальні частини серпів виготовляли з

них. Поступово різальні кромки серпів виготовляли насіченими, перпендикулярно до кромки і під кутом (рис. 1).

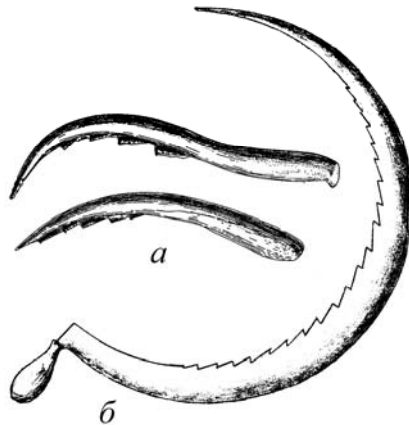


Рис. 1. Серп: а – стародавній; б – сучасний.

Зрізуючи хлібостій чи травостій серпом, верхню частину горстки стебел затискають у жмені лівої руки (чим створюють додаткову опору), а правою, натискаючи і протягуючи серпом, перерізають стебла. Характер різання при цьому нагадує пиляння, тобто зубці серпа ніби розривають окремі волокна стеблини від кореневої частини. Такий зріз називають підпирний. Недоліком такого зрізу є низька продуктивність і виснажлива праця жниці (як правило – це була робота жінок).

Поступово серп переходив у косу (рис. 2). Довжину коси (від носика 1 (див. рис. 2) до п'ятки 10, що розташована під клином 5) вибирають залежно від зросту косаря і його сили. Косовище повинно бути довжиною 1,7...2,0 м.

Рукоятки використовують двох типів 8 або 11. Це стосується також і кілець 6 або 12. Коса відрізняється від серпа тим, що при роботі косареві не потрібно нахилитись і роботи значні повороти тулубом. Коса закріплена на косовищі, на якому можуть бути не одна рукоятка, а дві. Також можуть бути закріплені грабки для формування валка.

При користуванні косою характер зрізу стебел інший, ніж при користуванні серпом. Робота косою – це справа чоловіків.

Коса, маючи тонке і гостре лезо, працює як ніж. Однак для надійної роботи ножа рослина, що перерізається, потребує фіксації у просторі. Цього можна досягнути, якщо косі надати великої швидкості. Тоді інерція гнучкого стебла, тобто його намагання зберегти стан спокою, створює відповідну фіксацію стеблини у просторі. Швидкість руху коси при цьому може бути тим менше, чим гостріше її лезо (кромка). Звичайно косар надає швидкість руху косі 3...5 м/с і часто підгострює її або клепає.

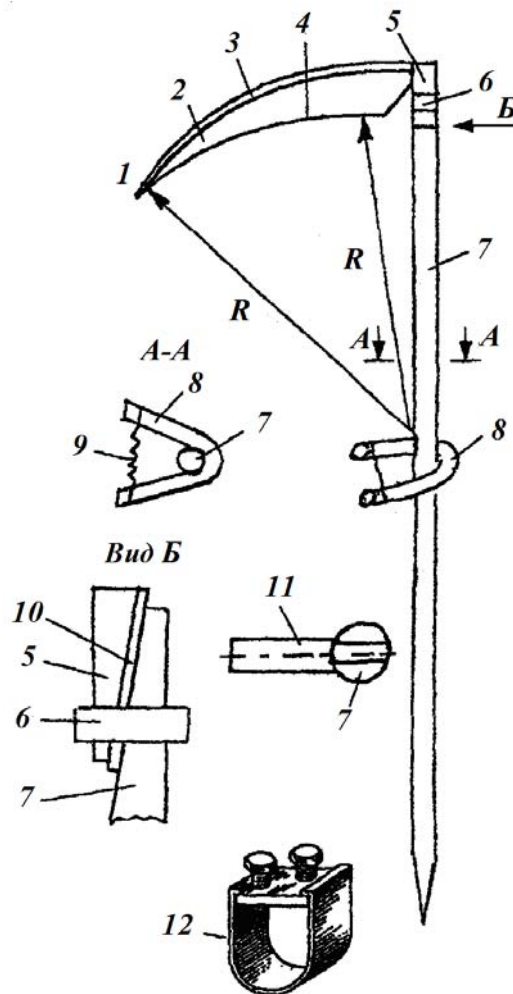


Рис. 2. Коса у зібраному вигляді: 1 – носік; 2 – полотно; 3 – обушок; 4 – лезо; 5 – клин дерев'яний; 6 – кільце; 7 – косовище дерев'яне; 8 – рукоятка регульована; 9 – шпагат; 10 – п'ятка; 11 – рукоятка нерегульована; 12 – спеціальне кільце з гвинтами.

Працювати косою теж нелегко і при цьому ще треба вміти не тільки косити, а й підготувати її до роботи. Проте продуктивність косаря за світловий день становить 0,30 га, а жниці лише 0,15 га. На скошування зернових культур і трав природа «відвела» малий проміжок часу. Ось чому зусилля шукачів нового в основному були спрямовані на удосконалення саме безпідпiрного зрізування будь-якої рослинності, тобто коса, як і серп – дуже древня. На Україні примітивний різновид її – горбуша, була виявлена археологами майже в усіх розкопаних городищах часів Київської Русі. Проте як в Україні, так і в Росії, використовували коси, які завозили з Європи і частково з Америки. Так, в Карпатах використовувалась угорська коса, але в більшості випадках найбільш популярною була австрійська коса і так звана коса – литовка.

Виготовлялись коси із сталі марок У7А, У8А. Полотно коси обробляли до твердості HRC 46...52.

Виготовити косу, підготувати її до роботи і косіння нею не така вже і проста справа. Про це свідчить історичний факт. Так, ще в 1721 р. Петро I запросив із Прибалтики інструкторів для підготовки спеціалістів по виготовленню кіс, навчання селян техніці підготовки кіс до роботи і косіння ними. У 1725 р. в Росії було виготовлено 16 тисяч кіс і навчено 13 тисяч селян. Основним недоліком безпідпирного зрізування зернових хлібних культур були значні втрати зерна – до 20 %, а при підпирному, серпом – всього 4 %. Ось чому шукачі нового повернулись до підпирного різання. Першим, у ряду таких винахідників, був Robert Meares, який у 1800 році в Англії отримав патент за №2400. Такий різальний апарат у жатних машинах був більш доцільним тому, що не було потреби у великих швидкостях ножа (лише 2 м/с). Він повністю задовольняв процес скошування при поступальних швидкостях жатних машин на кінській тязі 3,5...5 км/год.

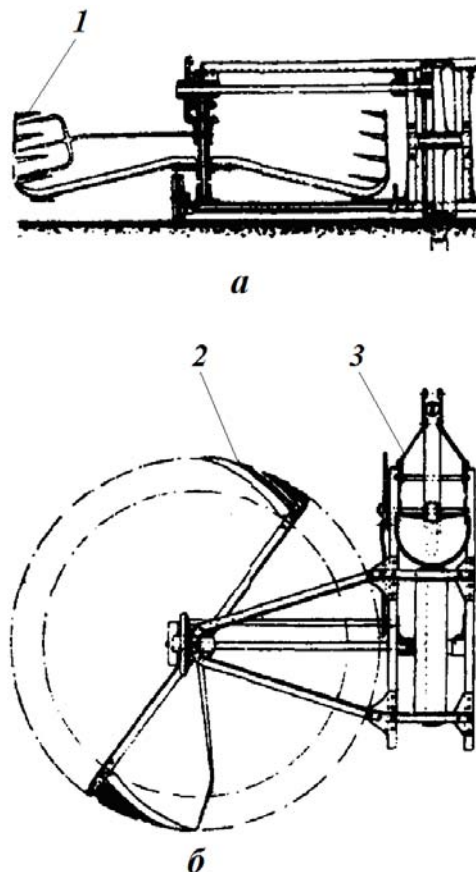


Рис. 3. Перша ротаційна косарка безпідпирного зрізування: а – вид ззаду; б – вид зверху; 1 – грабки; 2 – привод; 3 – коса.

Ось чому зусилля винахідників були спрямовані на удосконалення різального апарата, що працював за принципом ножиць. Проте це стосувалося різальних апаратів лише для скошування хлібних зернових культур. При скошуванні природної

рослинності різальні апарати підпірного зрізування часто забивалися, а на переплутаних і високоврожайних травостоях виконували процес зрізування незадовільно.

У зв'язку з цим зусилля окремих винахідників були спрямовані саме на вдосконалення безпідпірного зрізування сіяних і природних трав. Наразі такий напрямок підтверджений і виправданий.

Перша ротаційна косарка безпідпірного зрізування. Історичні дані свідчать, що така косарка мала різальний апарат у вигляді двох кіс, що оберталися у горизонтальній площині, а зрізана рослинність грабками, що також оберталися навколо вертикальної осі, спрямовувалася у валок. Тягловою силою у такій косарці була тварина (кінь, віл, мул). Робочі органи приводилися від ходових коліс за допомогою спеціальних передач. На рис. 3 зображена схема такої косарки.

Така косарка не знайшла широкого застосування на той період. Проте винахідники лише у 1974 році запропонували такого типу косарку, в якій коси, в період зрізування виступали за межі барабана, а в період холостого ходу кіс («ховалися» всередину барабана) виходили із зони різання. Останнє унеможливило повторне перері-зання зрізаних стебел (рис. 4, поз. 36), за рахунок чого зменшувалися втрати врожаю, тому, що частини рослин довжиною 10 мм не збираються граблями.

Конструкції різальних апаратів безпідпірного зрізування 1786...1852 та 1972...1974 років. У конструкціях різальних апаратів 1786...1852 рр. шукачі нового в основному пропонували ножі у вигляді серпів (рис. 4, поз. 2, 6, 17, 19, 32).

На рис. 4, поз. 34 зображена схема пропонованого різального апарата, в якому необхідна зона виходу ножа регульована поворотом тримачів ножів з наступною їх фіксацією. На рис. 4, поз. 35 зображена схема різального апарата поярусного безпідпірного різання з більшою швидкістю у верхньому ярусі, ніж у наступних нижніх. Такий апарат ефективно може бути використаний у машинах для зрізування цукрової тростини.

Аналіз останніх досліджень. Перша ротаційна косарка в СРСР була спроектована і виготовлена в лабораторії збиральних машин ВІСГОМа (м. Москва) у 1964 р. [6]. Косарка під маркою КРФ-2,1 мала три диски 2 (рис. 5) з жорстко закріпленими чотирма сегментами 4. Привод дисків здійснювався зверху клинопасовою передачею 3. При роботі косарки диски оберталися у один бік і транспортували зрізану масу також у один бік. Копіювання рельєфу поля здійснювалося копіювальними колесами 1. Частота обертання дисків – 1500 об/хв, ширина захвату косарки – 2,1 м, колова швидкість ножів – 55 м/с, потужність двигуна трактора – 20 к. с., маса косарки – 220 кг.

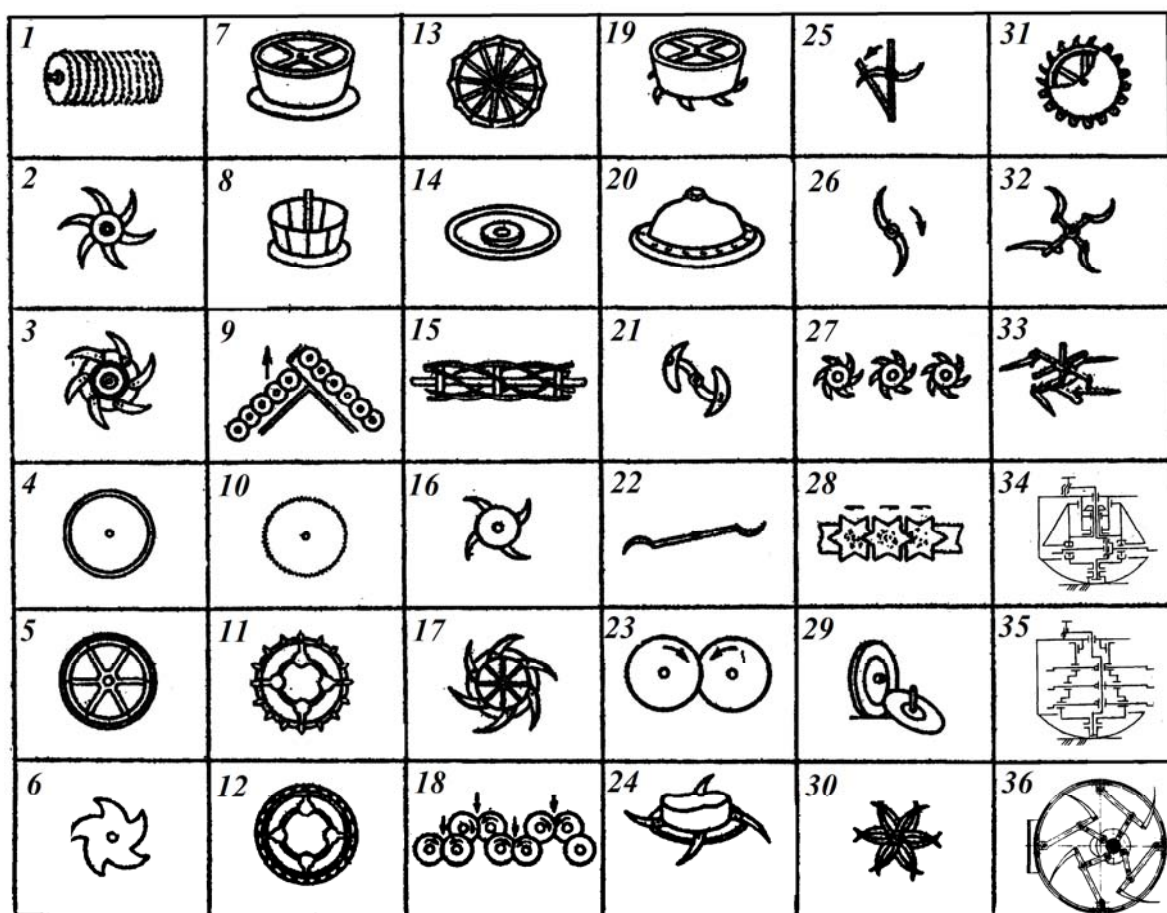


Рис. 4. Конструкції різальних апаратів безпідпирного зрізування: 1 – Пітт, 1786 р.; 2 – Бойс, 1799 р.; 3 – Філософ, 1799 р.; 4 – Плукнет, 1805 р.; 5 – Гладстон, 1805 р.; 6 – Плукнет, 1807 р.; 7 – Сміт, 1811 р.; 8 – Керр, 1811 р.; 9 – Камінг, 1811 р.; 10 – Добс, 1814 р.; 11 і 12 – Скотт, 1815 р.; 13 – Манн, 1820 р.; 14 – Бейлі (США), 1822 р.; 15 – Бадінг, 1833 р.; 16 – Чандер (США), 1835 р.; 17 – Думкан (США), 1840 р.; 18 – Філіпс, 1843 р.; 19 – Гібсон, 1845 р.; 20 і 21 – Уїтнорт, 1849 р.; 22 – Файрлесс, 1851 р.; 23 – Уїндер, 1851 р.; 24 – Бекфорд і Кослінг, 1851 р.; 25 – Франс, 1851 р.; 26 – Макей, 1851 р.; 27 – Масон, 1852 р.; 28 – Смітт, 1852 р.; 29 і 30 – Гомлерц, 1852 р.; 31 – Бурх, 1852 р.; 32 – Спрінкер (Австрія), 1839 р.; 33 – Троттер (Швейцарія), 34 – Погорілець, Гаєвий (Україна), 1972 р., 35 – Погорілець, Живолуп і Вишківський (Україна), 1972 р.; 36 – Погорілець і Воскобойніков (Україна), 1974 р.

Наведені характеристики свідчать про надійну роботу косарки, якщо порівнювати з показниками косарок типу КРН-2,1 (1974 р.) Люберецького заводу сільськогосподарського машинобудування (СРСР). Якщо у косарки КРН-2,1 співвідношення потужностей двигуна трактора до ширини захвату становить 10, то у КРН-2,1 – 24, маса у КРН-2,1 – 105, а у КРН-2,1 – 210. З таких даних витікає, що

косарка КРФ-2,1 спроектована більш раціонально, ніж косарка КРН-2,1. Проте не варто робити наперед такі висновки.

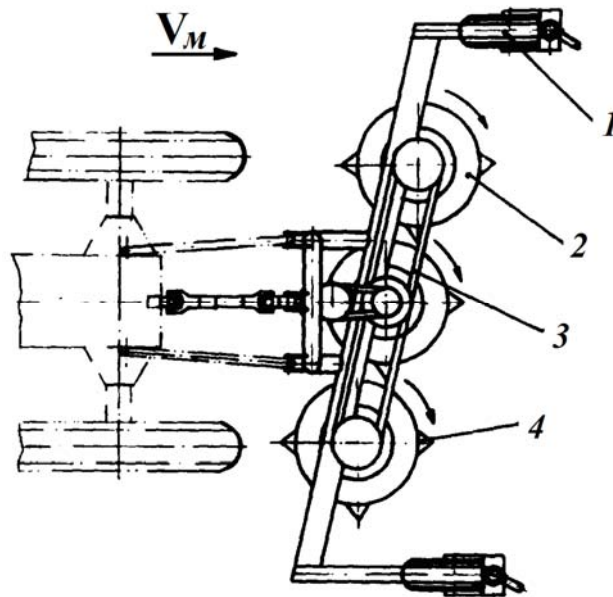


Рис. 5. Ротаційна косарка КРФ-2,1: 1 – копіювальні колеса; 2 – диск; 3 – клинопасова передача; 4 – сегмент.

Якщо косарку КРФ-2,1 використовувати для скошування рослинності для заготівлі кормів, то втрати врожаю будуть значні, так як чотири ножі на роторі будуть декілька разів подрібнювати зрізану масу. Так як привод роторів здійснюється клинопасовою передачею, то мабуть є необхідність встановлювати ротори на різну висоту стерні, а це призведе ще до більших втрат врожаю із-за нерівномірності висоти стерні. Проте у КРФ-2,1 перекриття зон різання суміжних роторів здійснили завдяки повороту бруса по ходу косарки, що також призвело до небажаного явища – ширина захвату косарки зменшилася, порівняно з довжиною бруса з трьома роторами. Крім цього ротаційні косарки призначені для роботи на підвищених швидкостях (9...15 км/год), а це потребує наявності тягового запобіжника, який би відхиляв різальний брус при зустрічі з перешкодою. На жаль, такого запобіжника у косарки КРФ-2,1 не передбачено. Не передбачено у неї і пристрою, який би зменшував тиск різального бруса на ґрунт, що негативно впливає на відростання рослинності. Жорстке кріплення ножів на роторі також впливає на надійність технологічного процесу, так як заміна одного ножа різко впливає на коефіцієнт використання часу зміни.

Наведені недоліки косарки КРФ-2,1 змусили агрономів з обережністю ставитись до ротаційних косарок. Ось чому конструкторам знадобилося 10 років, щоб поставити на виробництво нову ротаційну косарку.

У 1974 р. на Подольській МВС (Московська обл.) ротаційна косарка КРН-2,1 виконала програму державних випробувань і була рекомендована до виробництва. На Люберецькому заводі ім. Ухтомського (Московська обл.) сільськогосподарського машинобудування виготовили 50 косарок КРН-2,1 безпідпільного зрізування, 10 з них були направлені в Україну. Спроекована така косарка була ініціативною групою конструкторів на чолі з головним конструктором В.В. Воскобойніком.

Ротаційна косарка КРН-2,1 містить різальний брус у вигляді картера 14 (рис. 6). На брусі розташовані чотири круглих ротори 15 (диски) з шарнірно встановленими ножами 2 на кожному роторі. Ротори попарно обертаються назустріч один одному, забезпечуючи перекриття зон різання суміжних роторів. Підпружинений польовий подільник 1 забезпечує прохід коліс трактора при наступному проході. На косарці передбачений тяговий запобіжник 6, який забезпечує її повертання при наїзді на перешкоду. У вихідне положення косарку встановлюють увімкнувши задній хід трактора.

Механізм піднімання і зрівноважування косарки призначений для переведення косарки у транспортне положення і обмеження тиску різального апарата на ґрунт. Він містить гідроциліндр 9 (див. рис. 6), пружини 10 і 11, двоплечий важіль і тяги. Шарнірне з'єднання всіх ланок механізмів забезпечує вільний поворот різального апарата у цапфах кінцевого редуктора 12, забезпечуючи цим копіювання рельєфу поля. При роботі косарки на кам'янистих або занадто засмічених ділянках можливе відкидання каменів або зруйнованих ножів на відстань до 100 м. Ось чому у косарці передбачене огороження 17.

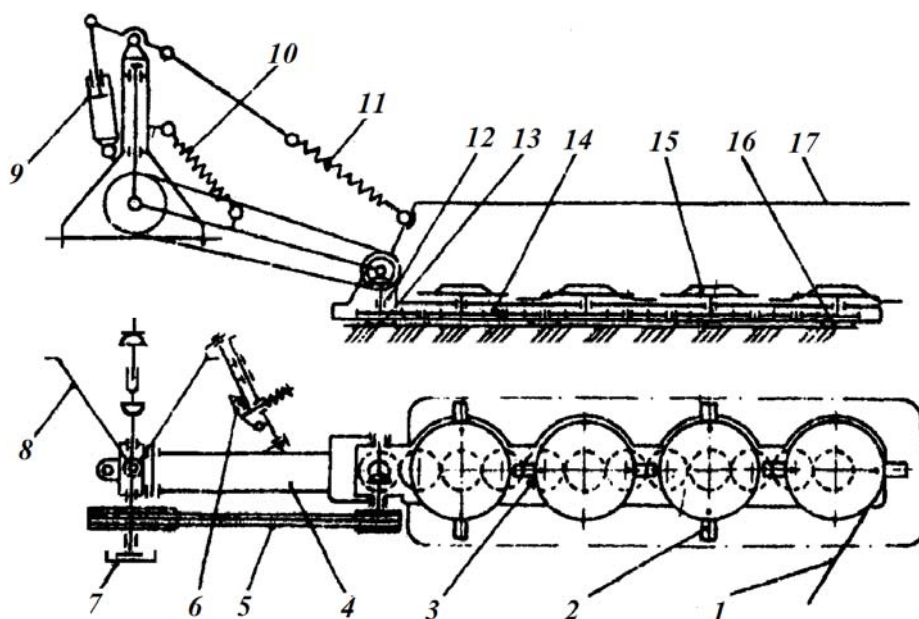


Рис. 6. Ротаційна косарка КРН-2,1 (1974 р.).

Привод роторів косарки здійснюється від вала відбору потужності колісного трактора класу 0,9 або 1,4 через клинопасову передачу 5, конічний редуктор 12 та циліндричні шестерні, що знаходяться в картері різального бруса.

Косарка КРН-2,1 має робочу ширину захвату 2,1 м; частоту обертання роторів – 2000 об/хв.; максимальну колову швидкість ножів – 65 м/с; масу – 450 кг.

У косарці передбачене регулювання висоти стерні зміною кута нахилу різального бруса, але в певних межах [6, С. 29].

Ніж косарки КРН-2,1 – прямокутна пластина розміром 55 x 155 мм, товщиною 5 мм з двома різальними кромками, які загострені зверху під кутом 20° і загартовані до твердості НРС 48-52, матеріал – сталь 65Г, маса – 0,345 кг. У закордонних косарках застосовують також ножі прямокутної форми 40 x 90 мм і масою 0,075...0,094 кг.

Косарка КРН-2,1 була випробувана і на скошувальні очерету в агрегаті з гусеничним трактором Т-74, так як колісний трактор не в змозі був пересуватися на заболоченій місцевості.

Випробування і наладка косарки для скошування високого очерету була здійснена фахівцями і авторами даної статті в радгоспі «Хотівський» Києво-Святошинського району Київської області.

Для ножів косарки КРН-2,1 характерним є те, що площа різальної частини ножа знаходиться нижче площини шарнірного розташування ножа (див. рис. 13 поз. 4). Це обумовлено необхідною мінімальною висотою стерні.

Мета досліджень. На основі аналізу тенденцій розвитку безпідпирного зрізування рослинності обґрунтувати параметри косарок безпідпирного зрізування, а саме різальних апаратів, їх приводів, польової дошки тощо та визначити передумови їх оптимізації

Результати досліджень. Випробування косарки на скошуванні рослинності на корм показали, що комплекту ножів, що надаються разом з косаркою не вистачає на період заготівлі кормів. Тому в господарствах такі ножі виготовляли з іншого матеріалу. Випробування також показали, що найбільш інтенсивне зношування ножа у верхній його частині. На рис. 7 зображені такі ножі.

Випробування ножів виготовлених із плоских ресор автомобілів та самозаточувальних засвідчили їх працездатність. Що стосується ножа трапецеподібної форми (див рис. 7, д), то варто зазначити наступне.

Поки такий ніж досягне форми, як ніж заводського виробництва або із ресори (див. рис. 7, а і б), то за цей час ніж трапецієвидний може вийти з ладу при зустрічі з інеродними предметами, а це втрати додаткових коштів, що не бажано.

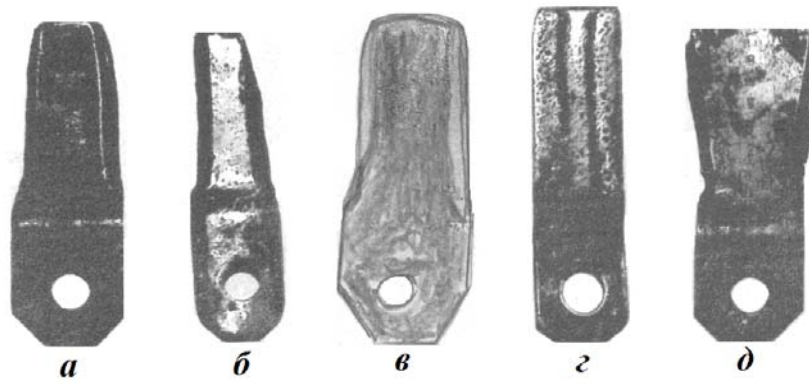


Рис. 7. Характер зношування ножів: а – заводського виробництва; б і в – виготовлених з ресор; г – самозаточувальні з подрібнювачів соломи; д – трапецевидні зі спеціальною обробкою кромки.

Взагалі шукачі нового запропонували безліч ножів для косарок. Деякі з них зображені на рис. 8. Сегмент 1 застосували на косарці КРФ-2,1 конструкції ВІСГМа (СРСР), на меліоративній косарці МСР-2,1 для видалення рослинності з відкосів меліоративних каналів (Мозирський завод меліоративних машин, Білорусія). Найбільш широке застосування набули ножі 5 і 6 прямокутної форми. Заслугує на увагу ніж 10 прямокутної форми з відігнутою різальною кромкою догори. Це дає можливість зрізаному стеблу підніматися вгору, що унеможлиблює повторне перерізання уже зрізаного стебла наступним ножом, а це призводить до зменшення втрати врожаю, які становлять у ротаційних косарках, залежно від швидкості руху косарки і типу привода (нижній, верхній), від 1,52 до 2,52 ц/га. Що стосується ножів 12, 16, 17 і 18, різальна частина ножа яких представляє собою сталевий дріт, то такі ножі застосовують при обкошуванні обочин доріг або видаленні рослинності в садах тощо. При цьому зріз стерні «розмочалений», тобто нерівний, як при роботі ручної коси, і це призводить до затримки відростання рослин, що не є обов'язковим для видалення рослинності. Крім цього такі ножі недорогі і швидко підлягають заміні.

Результати випробувань ротаційної косарки КРН-2,1 на Подільській МВС та у трьох господарствах Київської області свідчать, що косарка КРН-2,1 зарекомендувала себе позитивно, як при скошуванні високоурожайного і полеглої травостою на корм, так і скошуванні травостою (очерет) вище 1м. Це значний крок вперед порівняно з косаркою КРФ-2,1. Основний недолік косарки КРН-2,1 в тому, що для заміни підшипника ротора чи шестерні (проміжної чи ведучої) необхідно розбирати весь різальний брус, має місце перегрівання картера конічного редуктора привода роторів, а передача на конічний редуктор має п'ять клинових пасів, з

яких працюють лише три і не більше, також ножі мають складну конструкцію, що ускладнює їх виготовлення.

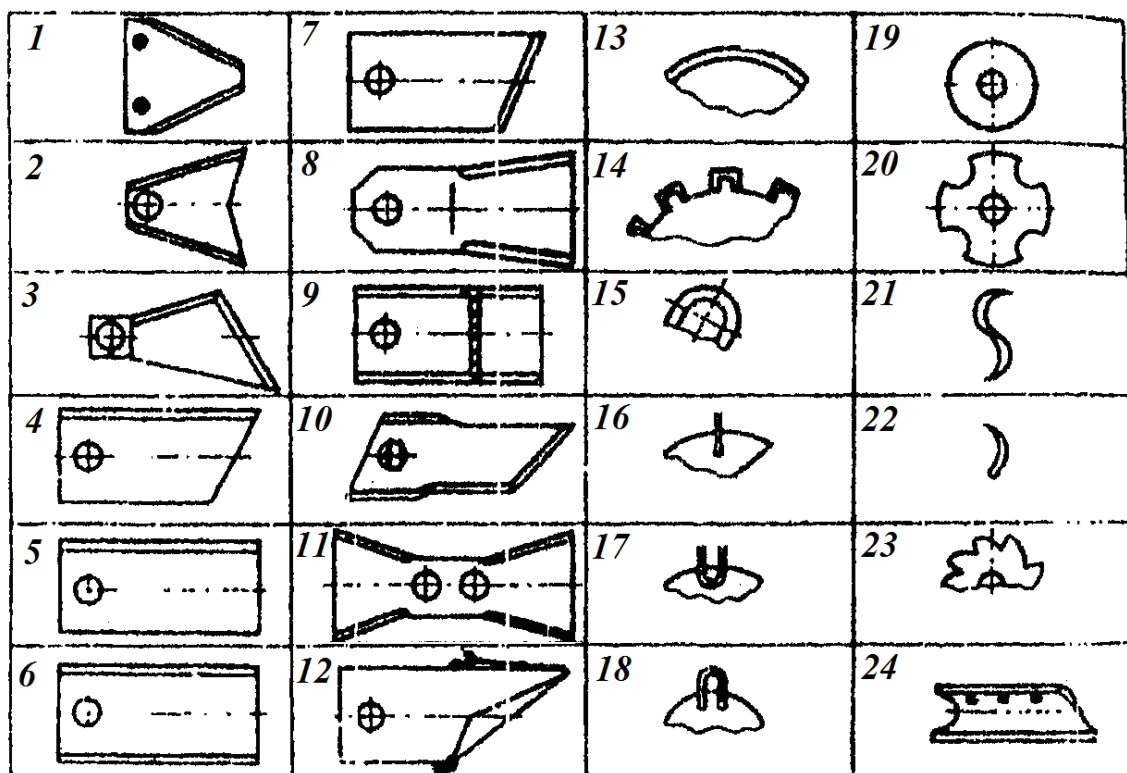


Рис. 8. Ножі ротаційних косарок.

Перша ротаційна косарка в Україні. У 1993 р. на Київському заводі ім. Лепсе була поставлена на виробництво швидкісна ротаційна косарка КРС-2,0, яка вигідно відрізнялася від косарки КРН-2,1. Фахівцям заводу знадобилось 1,5 року на розроблення і виготовлення дослідного зразка. За проханням адміністрації заводу нештатним консультантом був запрошений доцент кафедри сільськогосподарських машин Української сільськогосподарської академії О. М. Погорілець, який один з перших на Україні захистив дисертацію на здобуття вченого ступеня кандидата технічних наук у 1975 р. з наведеної тематики. Новизна таких розробок захищена трьома авторськими свідоцтвами і виготовлені два діючі макети, які були апробовані в лабораторних умовах на їх працездатність.

Косарка КРС-2,0 (рис. 9) містить п'ять еліптичних роторів з нижнім розміщенням циліндричних шестерень у різальному брусі, частота обертання роторів 2530 об/хв, робоча швидкість 15 км/год, маса – 515 кг, частота обертання ВВП трактора – 540 об/хв, висота зрізу – 6 см, нерівномірність стерні після скошування – 2 см, допускається робота на схилах і відкосах до 10°, можливе агрегування з тракторами МТЗ-80/82, МТЗ-100/102, ЮМЗ-6, з тракторами Т-40, ДТ-75, Т-70.

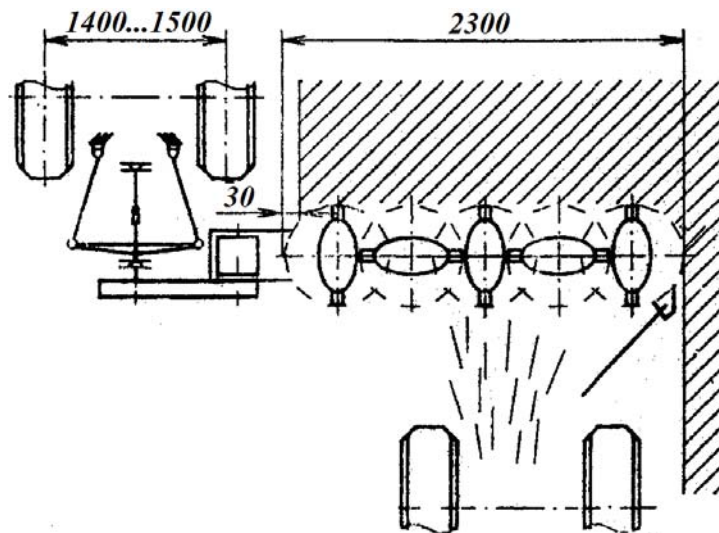


Рис. 9. Косарка ротаційна КРС-2,0 Київського заводу ім. Лепсе (1993 р.).

Конструкцією ротора передбачено його розбирання без попереднього демонтажу різального бруса, чим вигідно відрізняється від косарки КРН-2,1. У КРС-2,0 передбачені не тільки польова дошка, а і активний подільник, що сприяє утворення чистої полоси стерні для наступного проходу коліс трактора. Крім цього, передбачені арочні двобічні ножі. При зношуванні ножа з одного боку, його можна використати для наступної роботи, переставивши на ротор з протилежним напрямком обертання або на протилежний бік того ж диска. Арочні ножі підкидають зрізані стебла вгору, запобігаючи цим повторному перерізанню їх наступним ножом цього ж ротора. Завдяки цьому зменшуються втрати врожаю. У косарці вперше використано п'ять клинопасових пасів на одній основі. Слід мати на увазі, що регулювання висоти зрізу можливе при нахилі різального бруса до 3 градусів по ходу косарки. У косарці КРН-2,1, як і у КРС-2,0 передбачений тяговий запобіжник, обгінна муфта, огороження для захисту тракториста від зруйнованих ножів та інших інородних предметів.

Схеми ротаційних косарок за певними ознаками наведені на рис. 10, рис. 11 і рис. 12.

Крім розглянутих форм роторів у вигляді круглого диска (косарка КРН-2,1) і еліпса (косарка КРС-2,0) з нижнім приводом роторів, деякі заводи виробляють косарки з конічними, циліндричними і циліндрично-конічними роторами (див. рис. 11 поз. 14). У таких косарках спрощується конструкція привода роторів, але такі косарки бажано застосовувати лише на сінокосах, де відсутні інородні предмети типу каменів тощо, які деформують ротори. Відцентрувати такі ротори можливо не в кожному господарстві.

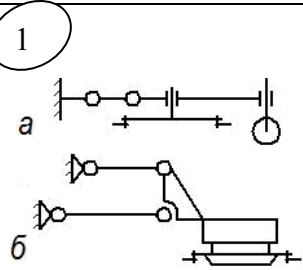
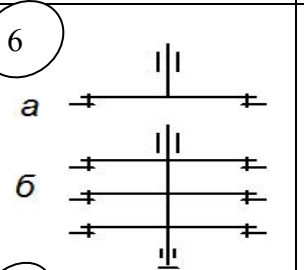
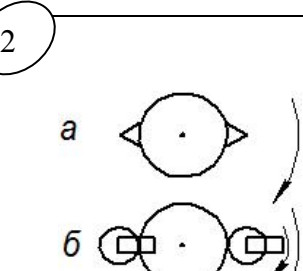
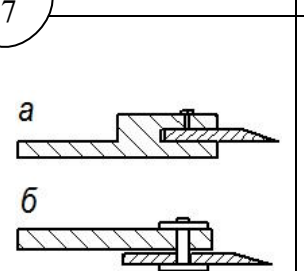
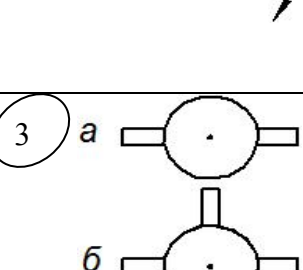
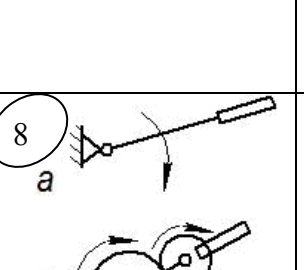
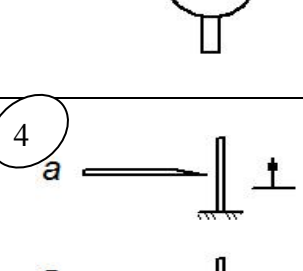
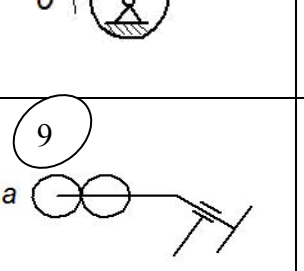
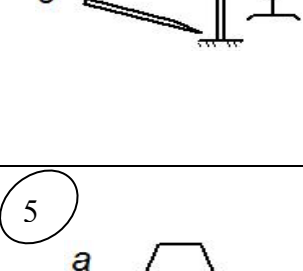
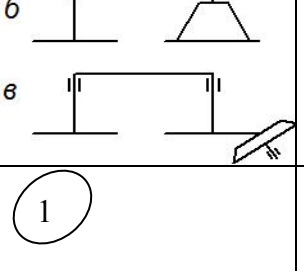
Схеми	Ознаки	Схеми	Ознаки
1 	За способом приєднання: а – причипні; б – начіпні.	6 	За кількістю ярусів: а – однарусні; б – багаторусні.
2 	За кількістю обертів ножів: а – з одним обертанням відносно осі барабана; б – з двома - відносно осі барабана і власної осі.	7 	За способом кріплення: а – жорстке; б – шарнірне.
3 	За кількістю ножів на роторі: а – двоножові; б – багатоножові.	8 	За видом привода ножа: а – однією ланкою (диском); б – планетарним механізмом.
4 	За розміщенням ножа відносно вертикальної осі стебла: а – перпендикулярно; б – під кутом.	9 	За видом подільника: а – пасивним; б – крайнім ротором; в – додатковим ротором.
5 	За формою ножа: а – сегмент; б – пластина прямокутна; в – пластина трапецевидна; г – круг суцільний; д – круг з виступами.	1 	За способом опори на поверхні поля: а – копіром, що дотикається;; б – повітряною подушкою.

Рис. 10. Типи ротаційних косарок.

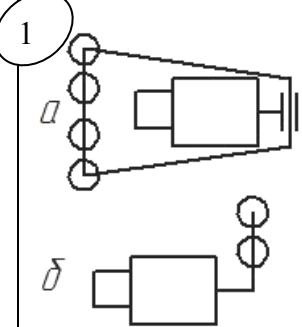
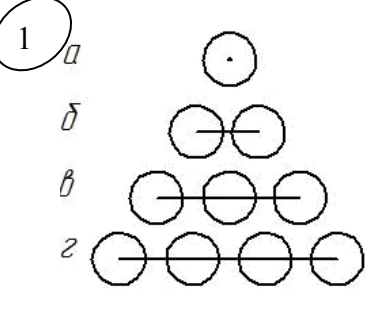
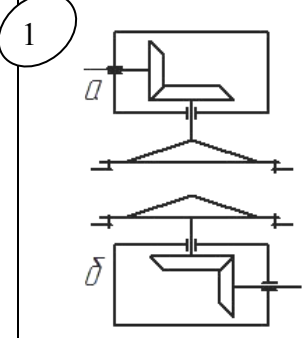
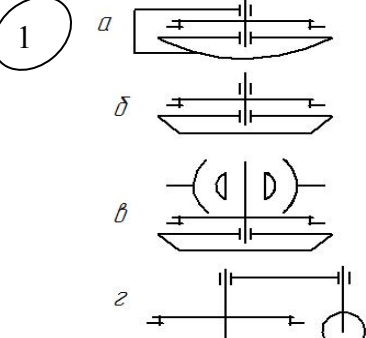
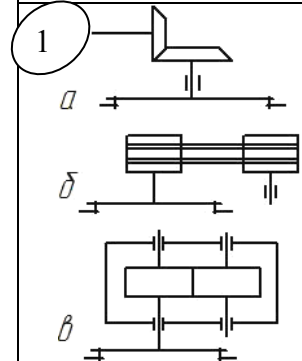
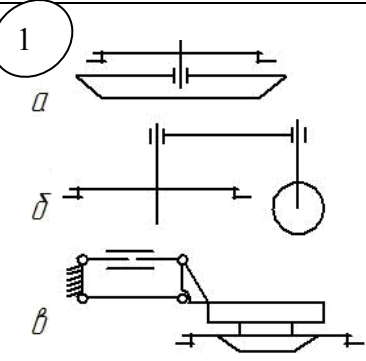
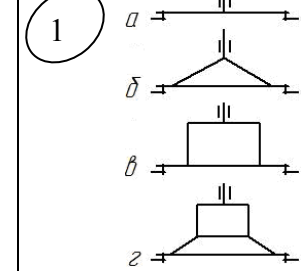
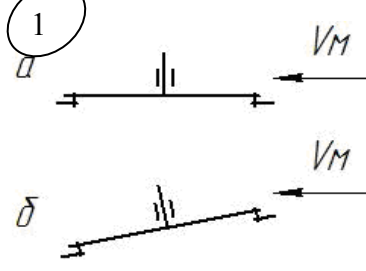
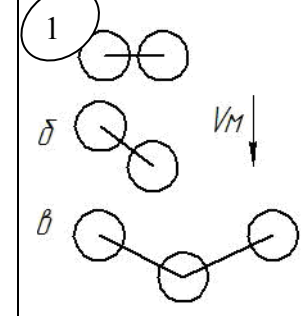
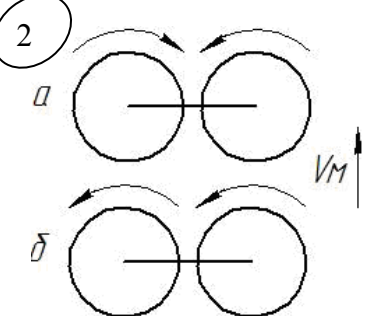
Схеми	Ознаки	Схеми	Ознаки
	За розміщенням апарата: а – фронтально; б – збоку.		За кількістю роторів: а – однороторні; б – двороторні; в – трироторні; г – багатоторні.
	За розміщенням привода: а – зверху; б – знизу.		За способом копіювання: а – нерухомим диском; б – провертаючою тарілкою; в – сферичним шарніром; г – колесами.
	За типом привода: а – зубчастою передачею; б – клиновасовою; в – гідроприводом.		За способом регулювання висоти зрізу: а – змінною тарілкою; б – колесами; в – центральною тягою.
	За формою ротора: а – дискові; б – конічні; в – циліндричні; г – циліндрично-конічні.		За розміщенням ротора відносно горизонту: а – паралельно; б – під кутом.
	За розміщенням лінії центрів ротора: а – перпендикулярно до V_M; б – під кутом до V_M; в – комбіновано до V_M.		За напрямком обертання роторів: а – із зустрічним; б – в один бік.

Рис. 11. Типи ротаційних косарок.

Схеми	Ознаки	Схеми	Ознаки
2	За кількістю секцій: а – односекційні; б – двосекційні; в – трисекційні.	2	За типом передачі при нижньому приводі: а – циліндричною зубчастою; б – конічною зубчастою (і гвинтовою); в – клинковою; г – ланцюговою.
2	За типом ротаційного різального апарата: а – з вертикальною віссю обертання; б – з прямолінійно-поступальним рухом ножів.	2	За типом передачі при верхньому приводі: а – конічною зубчастою; б – клинопасовою; в – гідромотором.
2	За формою диска ротора: а – круг; б – еліпс; в – рівнобедрений трикутник.	2	За формою виконавчого органу ротора: а – прямокутна пластина; б – круглоланковий ланцюг; в – пружний дріт; г – нейлоновий шнур.
2	За типом плуційного апарата: а – бильний; б – вальцовий.	2	За способом копіювання поверхні поля а – у поперечному напрямку; б – у повздовжньому напрямку

Рис. 12. Типи ротаційних косарок.

У ротаційних косарках для видалення небажаної рослинності (див. рис. 12, поз. 27, б) найбільш доцільним для окультурення пасовищ і сінокосів є круглоланковий ланцюг.

Ніж у вигляді прямокутної пластини (рис. 12, поз. 27, а) застосовують у їзових косарках з приводом від електродвигуна змінного струму 220 В зі збиранням зрізаної і подрібненої маси у контейнер.

Нейлоновий шнур (рис. 12, поз. 27, г) з різними діаметрами застосовують у так званих тримерах, які використовують на переносних косарках при видаленні рослинності біля огорож ділянок. Привод ротора такого тримера здійснюється від електродвигуна змінного струму напругою 220 В.

Що стосується виконуючого органа ротора у вигляді пружного дроту (рис. 14, поз. 27, в) то варто відмітити наступне. Різальний апарат такого типу вигідно використовувати при видаленні небажаної рослинності на обочинах доріг, окультуренні пасовищ, сінокосів тощо.

Виробляють також косарки з нижнім приводом роторів за допомогою клинопасової передачі. Так ОАО «НОМЗ» м. Ніжин, виробляє косарку під маркою КРВ-2,1. Така косарка має чотири ротори у вигляді чотирьох круглих дисків, на яких шарнірно закріплені по три ножі. Частота обертання роторів 2900 об/хв., маса 350 кг. Звичайно така косарка не має мастильних матеріалів і маса її менша, ніж косарка такої ширини захвату з циліндрично-зубчастою передачею (маса біля 500 кг). Такі косарки були уже запропоновані і в країнах дальнього зарубіжжя ще до 1974 р. Основний недолік таких косарок наступний. Пас в перерізі шестикутник, їх у комплекті всього два, що недостатньо. Суміжні ротора встановлюють на різну висоту стерні, що призводить до втрат врожаю. Наявність трьох ножів на одному роторі, при рекомендованому режимі роботи – це занадто, так як при цьому виникає повторне перерізання зрізаного травостою, а це додаткові втрати врожаю.

Такі ж недоліки характерні і для ланцюгової передачі, розміщеної у нижньому приводі роторів (рис. 12, поз. 25 г).

Яка б не була технологія заготівлі кормів, першою і найбільш відповідальною операцією є скошування травостою.

Типи різальних апаратів для заготівлі кормів для тваринництва зображені на рис. 13.

Для косарок фірми Kuhn характерно, що в різальному брусі встановлені диски у вигляді еліпса, які приводяться в обертальний рух косозубими циліндричними шестернями, які встановлені на радіально-упорних підшипниках. Такі косарки стійко виконують технологічний процес і на полях, засмічених камінням.

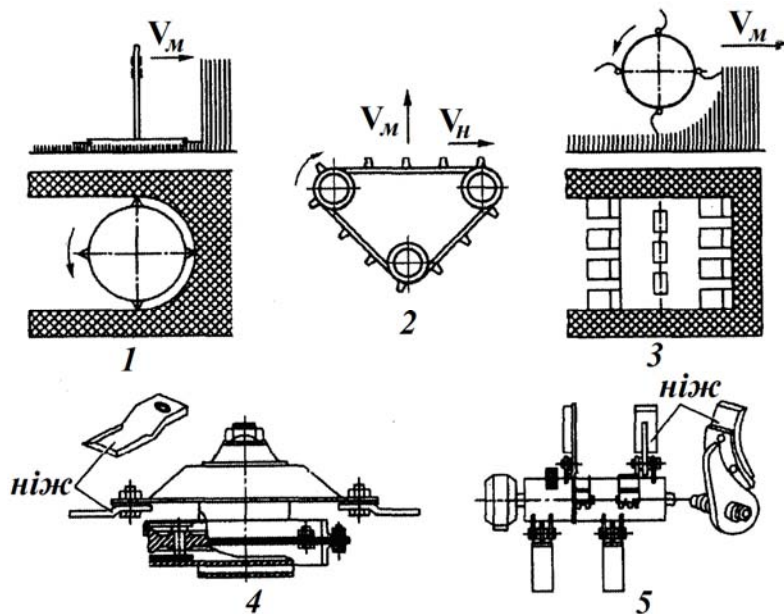


Рис. 13. Типи ротаційних різальних апаратів для заготівлі кормів для тваринництва: 1 – з вертикальною віссю обертання ротора; 2 – з прямолінійно-поступальним рухом ножів; 3 – з горизонтальною віссю обертання ротора; 4 – ротор з ножами косарки КРН-2,1; 5 – ротор з ножами косарки для заготівлі подрібненого зеленого корму з кореня.

Ротаційні косарки для механізації процесу скошування рослинності на присадибних ділянках: вони бувають пішохідні і їздові. У пішохідних косарках ротори приводяться в обертальний рух від двигунів внутрішнього згорання потужністю 1,2...2,2 к. с. або від електродвигунів змінного струму 220 В. Різальним елементом у роторах можуть бути диски з різальними ножами або нейлоновий шнур різного діаметра. При зустрічі з перепоною шнур обривається, а після легкого удару головки зі шнуром він автоматично знову готовий до роботи. У їздових косарках ротори приводяться в обертальний рух від двигуна внутрішнього згорання. У деяких моделей, наприклад FLPINA (Італія), зрізана рослинність ще й подрібнюється. Наразі є достатньо досліджень, щоб раціонально вибрати ту чи іншу функціональну схему ротаційної косарки, користуючись рис. 10, 11, 12 поз. 1...28 та розрахунками, наведеними у [4]. Ширина захвату косарок, що виробляють заводи України і фірми далекого зарубіжжя коливається в широких межах (1...5 м). Так, наприклад, в Угорщині виробляють причіпні шестироторні косарки РК6/4,8 з верхнім приводом, барабанні з індивідуальним копіюванням поверхні поля кожним ротором. Ширина захвату такої косарки 4,8 м, а роторів 6.

Конкретних рекомендацій стосовно вибору кількості роторів при одній і тій же ширині захвату немає. Проте окремі передумови є.

Так, наприклад, косарка РМ-2 (Угорщина) має ширину захвату 1600 мм при двох роторах, а косарка РЗС-160 (Чехія) – 1600 мм при чотирьох роторах.

Порівняльні випробування косарок РМ-2 і РЗС-160 у різних країнах показала, що втрати на стерні врожаю у косарки РМ-2 мали 4,92...5,73%, а в РЗС-160 – 1,3...1,62%, тобто при меншій кількості роторів (більшому їх діаметрі) одній і тій же ширині захвату косарок, втрати врожаю у 3 рази більші.

Що стосується форми ножа, то найбільш поширена прямокутна форма. Проте застосовують ножі аркоподібної форми або злегка криволінійної, це дає можливість уникати повторного перерізання зрізаного стебла, так як зрізане стебло у цих випадках підкидається вгору. Більшість фірм, заводів виробляють косарки з нижнім розміщенням привода роторів, косозубими циліндричними шестернями із застосуванням радіально-упорних підшипників. Косарки з верхнім приводом роторів, як правило – це барабані (рис. 11, поз. 14). Проте при роботі на ділянках, засмічених камінням, такі ротори деформуються і не в кожній майстерні їх можна збалансувати. Але у таких косарках спрощується механізм привода роторів. У дискових косарках найбільш раціональною формою, з точки зору перекриття зони різання суміжними роторами, є еліпс або овал (рис. 12, поз. 23). Проте деякі фірми виробляють дискові ротори у вигляді гвинтових поверхонь (рис. 14). При цьому стверджується, що зрізані стебла при зрізуванні підкидаються вгору і це унеможливорює суміжному ножу ротора повторно перерізати їх. Все це реально, але мабуть автори такої новизни (косарка СМ600 фірми Вельгер, Німеччина) не врахували наступного.

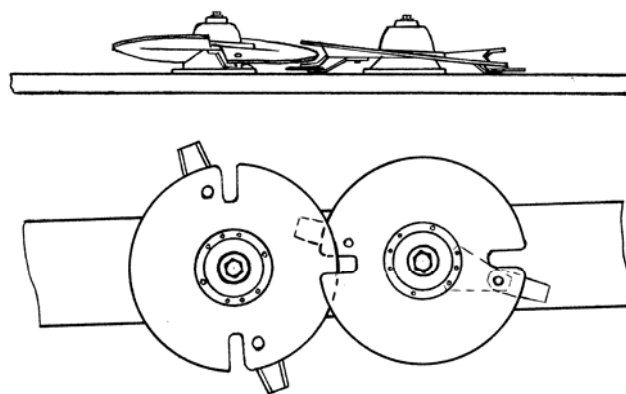


Рис. 14. Гвинтові ротори косарки СМ600 фірми Вельгер.

Гвинтові ротори представляють собою турбіну з вертикальною віссю обертання. Така турбіна створює повітряний потік, який не виконує корисної роботи. При цьому ускладнюється конструкція косарки, а також значна частина потужності двигуна

використовується на аеродинамічний опір. Крім цього є альтернативна форма ротора – наприклад, еліпс (косарка СМД КУН, фірми КУН, Франція), а форма ножа аркоподібна (косарка КРС-2,0 Київський завод ім. Лепсе, 1993 р.) або прямокутної форми з відігнутою кінцевою частиною (див. рис. 8, поз. 10).

За кількістю секцій найбільш продуктивні трисекційні косарки (рис. 14, поз. 21, в). Такі косарки дискові. Їх виробляють фірма Клаас, у Білорусії та інші. Для таких косарок бажані великі площі на яких відсутні каміння або інші інородні предмети.

Що стосується ротаційних косарок з нижнім приводом роторів клинопасовою або ланцюговою передачами (див. рис. 12, поз. 25) то такі косарки не мають широкого застосування із-за низької надійності технологічного процесу.

Косарки для видалення небажаної рослинності наведені на рис. 12, поз. 27 широко використовують для окультурення сінокосів, пасовищ, обкошування обочин доріг, у пішохідних і їздових косарках.

Висновки

1. Ротаційні косарки з вертикальною віссю обертання роторів і в перспективі знайдуть широке застосування в косарках і косарках-плющилках для заготівлі сіна і сінажу, як такі, що стійко виконують технологічний процес, незалежно від стану травостою і на високих поступальних швидкостях, 15 км/год і більше.

2. Широке застосування набуватимуть і надалі ротаційні косарки для скошування рослинності на відкосах меліоративних каналів, в руслах меліоративних каналів на плаваючих косарках, на обочинах доріг, для окультурювання сіножатей і пасовищ, у пішохідних і їздових косарках на присадибних ділянках, у містах для обкошування квіткових клумб тощо.

3. Найбільш поширеного застосування набудуть косарки з нижнім приводом роторів зубчастими косозубими шестернями і міцними радіально-упорними підшипниками як такі, що не такі чутливі до інородних предметів порівняно з роторами барабанного типу.

4. Досвід використання ротаційних косарок свідчить, що найбільш ефективними є ротори еліптичної форми, з точки зору перекриття зон різання.

5. З метою уникнення повторного перерізання зрізаного травостою, чим досягається зменшення втрат врожаю, доцільні ножі аркоподібної або прямокутної форми з відігнутою кінцевою частиною. В цьому питанні шукачам нового є необхідність вести пошуки ефективного різального апарата, в якому б ножі в зоні холостого ходу виходили із зони різання.

6. Досвід експлуатації ротаційних косарок для заготівлі сіна і сінажу свідчить, що колової швидкості ножа 65...70 м/с і не більше

двох ножів на роторі ;достатньо, щоб якісно виконати процес скошування трав. На наш погляд не зрозуміло, чому фірма Хестон (США) у косарці-плющилці моделі 1180 двороторній шириною захвату 2,4 м на роторах встановлює по 5 ножів? [5, С. 59].

7. При агрегуванні ротаційних косарок з гусеничним трактором можливе пошкодження дернини, що затримує швидке відростання рослин, що скошили. Тому бажано металеві гусениці замінити на гумові, наприклад так, як це зроблено на деяких зернозбиральних комбайнах. При цьому також поліпшується стійкість агрегату при роботі на схилах.

8. Одним із недоліків ротаційних косарок є наявність польової підпружиненої дошки для забезпечення вільного наступного проходу коліс трактора, в яку зрізана маса, завдяки великій швидкості ножів, ударяється з такою силою, що з неї струмком стікає трав'яний сік. Деякі фірми встановлюють активні барабанні, проте такі барабани часто пошкоджуються інеродними предметами. Даний вузол потребує вивчення і його удосконалення, так як це великі втрати можливих поживних речовин корму.

9. Наразі промисловість України і зарубіжних фірм виробляють оригінальні насоси і гідромотори, які можуть конкурувати з конічними редукторами привода роторів у різальних брусах ротаційних косарок типу КРН-2,1, а також причіпних косарок-плющилок типу КПРН-3А. При цьому спрощується привод вальців і роторів клинопасовими передачами. Розрахунки і конструктивні розробки виконані авторами даної розробки свідчать про доцільність застосування об'ємного гідропривода в наведених типах косарок.

10. На нашу думку не доцільно надавати диску 3250 об/хв., тобто колову швидкість ножів 90 м/с, а швидкість руху агрегата 38 км/год або 24 км/год та ще і при трьох ножах на кожному диску, яку пропонують деякі фірми дальнього зарубіжжя.

11. Так як причіпні і начіпні ротаційні косарки спроможні скошувати рослинність і на поворотах, тобто можуть рухатися по колу, то це призводить до загибелі фауни: куропаток, зайців тощо. Тому є необхідність розроблення пристроїв на косарках, які б відлякували цю фауну.

Список літератури

1. А.с. 363451. СССР. Режущий аппарат ротационного типа / А. Н. Погорелец, В. А. Гаевой (СССР). Опубл. 25.12.72. Бюл. №43 а, 1973.
2. А.с. 393987. СССР. Режущий аппарат ротационного типа / А. Н. Погорелец, Г. И. Живолуп, В. Н. Вышковский (СССР). Опубл. 22.08.73. Бюл. № 34.
3. А.с. 452306. СССР. Режущий аппарат ротационного типа / А. Н. Погорелец, В. В. Воскобойников (СССР). Опубл. 15.12.74. Бюл. № 45.
4. Курсові роботи / Л. В. Аніскевич, Д. Г. Войтюк, М. С. Волянський та ін. ; за ред. О. М. Погорільця. – К.: Видавничий центр НАУ, 2006. – 134 с.

5. Особов. В. И. Сеноуборочные машины и комплексы / В. И. Особов, Г. К. Васильев. – М.: Машиностроение 1983. – 304 с.
6. Погорелец А. Н. Ротационные косилки / А. Н. Погорелец. – К.: УСХА, 1981. – 41 с.
7. Погорелец А. Н. Технологические и технические основы совершенствования ротационного режущего аппарата уборочных машин : дисс... науч. степ. канд. техн. наук / А. Н. Погорелец. – К.: УСХА, 1975. – 213 с.
8. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку : підручник / Д. Г. Войтюк, В. М. Барановський, В. М. Булгаков та ін., за ред. Д. Г. Войтюка. – К.: Вища освіта, 2005. – 464 с.

References

1. A.s. 363451. SSSR. (1973). Rezhushchyy apparat rotatsyonnoho typu [The cutting apparatus of the rotary type] / A. N. Pohorelets, V. A. Haevoy (SSSR). Opubl. 25.12.72. Byul. № 43 a.
2. A.s. 393987. SSSR. (1973). Rezhushchyy apparat rotatsyonnoho typu [The cutting apparatus of the rotary type] / A. N. Pohorelets, H. Y. Zhyvolup, V. N. Vyshkyvskyy (SSSR). Opubl. 22.08.73. Byul. № 34.
3. A.s. 452306. SSSR. (1974). Rezhushchyy apparat rotatsyonnoho typu [The cutting apparatus of the rotary type] / A. N. Pohorelets, V. V. Voskoboynykov (SSSR). Opubl. 15.12.74. Byul. № 45.
4. Kursovi roboty (2006). [Coursework] / L. V. Aniskevych, D. H. Voytyuk, M. S. Volyans'kyy ; za red. O. M. Pohoril'tsya. K.: Vydavnychyy tsentr NAU, 134.
5. Osobov, V. Y., Vasylyev, H. K. (1983). Senouborochnye mashyny y kompleksy [Wheeless machines and complexes]. M.: Mashynostroenye, 304.
6. Pohorelets A. N. (1981). Rotatsyonnye kosylky [Rotary mower]. K.: USKhA, 41.
7. Pohorelets A. N. (1975). Tekhnolohycheskye y tekhnicheskye osnovy sovershenstvovaniya rotatsyonnoho rezhushcheho apparata uborochnykh mashyn [Technological and technical basis for the improvement of the rotary cutting apparatus harvesting machines] : dyss... nach. step. kand. tekhn. nauk. K.: USKhA, 213.
8. Sil's'kohospodars'ki mashyny. (2005). Osnovy teorii ta rozrakhunku : pidruchnyk [Agricultural machines. Fundamentals of theory and calculation : textbook] / D. H. Voytyuk, V. M. Baranovs'kyy, V. M. Bulhakov ta in., za red. D. H. Voytyuka. K.: Vyshcha osvita, 464.

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ БЕЗПІДПІРНОГО СРЕЗАННЯ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ИЗ ГЛУБИНЫ ТЫСЯЧЕЛЕТИЙ И ДО СЕГОДНЯШНЕГО ДНЯ

О. М. Погорелец, М. С. Волянский

Аннотация. Приведены в историческом развитии орудия и косилки бесподпорного срезания растительности, систематизированы типы ротационных косилок для заготовки кормов в виде зеленого корма, сена и сенажа, а также косилок для обкашивания растительности на обочинах дорог, откосов и мелиоративных каналах и удаление растительности, что находится в руслах мелиоративных каналов, в садах, газонах и тому подобное.

Ротационные косилки с вертикальной осью вращения роторов и в перспективе найдут широкое применение в косилках и косилках-плющилках для заготовки сена и сенажа, как такие, которые устойчиво выполняют технологический процесс, независимо от состояния травостоя и на высоких поступательных скоростях 15 км/ч и более. Широкое применение будут приобретать и в дальнейшем ротационные косилки для скашивания растительности на откосах мелиоративных каналов, в руслах мелиоративных каналов на плавающих косилках, на обочинах дорог, для окультуривания сенокосов и пастбищ, в пешеходных и ездовых косилках на приусадебных участках, в городах для облагораживания цветочных клумб и тому подобное.

Опыт использования ротационных косилок свидетельствует, что наиболее эффективными являются роторы эллиптической формы, с точки зрения перекрытия зон резания. С целью избежания повторного перерезания срезанного травостоя, чем достигается уменьшение потерь урожая, целесообразные ножи аркоподібної или прямоугольной формы с отогнутой концевой частью. В этом вопросе ищателям нового есть необходимость вести поиски эффективного режущего аппарата, в котором бы ножи в зоне холостого хода выходили из зоны резания.

Ключевые слова: *тенденция, развитие, срезания, растение*

TRENDS IN DEVELOPMENT OF REMOVING VEGETATION FROM DEPTHS OF MILLENNIA AND UNTIL TODAY

O. M. Pogorilets, M. S. Volyansky

Abstract. *Given in the historical development of tools and mowers besplptnoe cutting vegetation, are systematized types of rotary mowers for fodder (green forage, hay and silage, as well as mowers for vegetation on roadsides, slopes and drainage channels and removing vegetation that is in the channels of irrigation and drainage canals, gardens, lawns and the like.*

Rotary mower with a vertical axis of rotation of rotor and in future will be widely used in mowers and mower-plumilla hay and haylage, as those who steadily carry out the technological process, regardless of the state of grass at high forward speed 15 km/h or more. Wide application will become in the future a rotary lawn mower for mowing vegetation on slopes, drainage channels, watercourses drainage channels, floating mowers, roadsides, cultivation of hayfields and pastures, walking and riding mowers in backyards, in cities for flower beds and the like.

Experience in use of rotary mowers shows that the most effective are the rotors elliptical in shape, with point of view of overlapping areas

of cut. To avoid re-cutting of cut grass, thereby reducing yield losses, appropriate knives arcomage or rectangular shape with curved end portion. In pursuit of new there is need to search for effective cutting apparatus, in which the knives in area of idling out of cutting zone.

Key words: *trend, development, cutting, plant*

УДК 631.3:528.8:681.518

МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ДИФЕРЕНЦІЙОВАНОГО ВНЕСЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО МАТЕРІАЛУ З ВИКОРИСТАННЯМ ДАНИХ ВІД ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ОПЕРАТИВНОГО МОНІТОРИНГУ

**О. О. Броварець, кандидат технічних наук
e-mail: brovaretsnau@ukr.net**

Анотація. Запропонована методика розрахунку одночасного диференційованого внесення насіння та мінеральних добрив при сівбі сільськогосподарських культур залежно від агробіологічного стану сільськогосподарських угідь отриманих з використанням технічних систем оперативного моніторингу стану сільськогосподарських угідь. Технічні системи оперативного моніторингу стану сільськогосподарських угідь розміщуються на машинно-тракторних агрегатах, що дозволяє забезпечити диференційоване внесення технологічного матеріалу (насіння та мінеральних добрив) на основі уточнених даних про агробіологічний стан ґрунтового середовища отриманих від технічних систем оперативного моніторингу стан ґрунтового середовища. При реалізації диференційованої технології внесенні технологічного матеріалу виключений взаємний їх вплив один на одного. Дана методика дає можливість прогнозувати взаємний вплив та прогнозувати необхідну норму кожного технологічного матеріалу із врахуванням агробіологічного стану ґрунтового середовища. Наведено різні способи реалізації при різних змінних факторах: змінних нормах внесення насіння та мінеральних добрив, змінних нормах внесення насіння та стабільній нормі внесення мінеральних добрив, стабільні нормі внесення насіння та зміни нормах внесення мінеральних добрив. Так різна компоновка забезпечує різну варіацію одного з параметрів при змінних інших величинах і в результаті визначити оптимальний варіант для реалізації запропонованої технології. Для кожної

© О. О. Броварець, 2016

of cut. To avoid re-cutting of cut grass, thereby reducing yield losses, appropriate knives arcomage or rectangular shape with curved end portion. In pursuit of new there is need to search for effective cutting apparatus, in which the knives in area of idling out of cutting zone.

Key words: *trend, development, cutting, plant*

УДК 631.3:528.8:681.518

МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ДИФЕРЕНЦІЙОВАНОГО ВНЕСЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО МАТЕРІАЛУ З ВИКОРИСТАННЯМ ДАНИХ ВІД ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ОПЕРАТИВНОГО МОНІТОРИНГУ

О. О. Броварець, кандидат технічних наук
e-mail: brovaretsnau@ukr.net

Анотація. Запропонована методика розрахунку одночасного диференційованого внесення насіння та мінеральних добрив при сівбі сільськогосподарських культур залежно від агробіологічного стану сільськогосподарських угідь отриманих з використанням технічних систем оперативного моніторингу стану сільськогосподарських угідь. Технічні системи оперативного моніторингу стану сільськогосподарських угідь розміщуються на машинно-тракторних агрегатах, що дозволяє забезпечити диференційоване внесення технологічного матеріалу (насіння та мінеральних добрив) на основі уточнених даних про агробіологічний стан ґрунтового середовища отриманих від технічних систем оперативного моніторингу стан ґрунтового середовища. При реалізації диференційованої технології внесенні технологічного матеріалу виключений взаємний їх вплив один на одного. Дана методика дає можливість прогнозувати взаємний вплив та прогнозувати необхідну норму кожного технологічного матеріалу із врахуванням агробіологічного стану ґрунтового середовища. Наведено різні способи реалізації при різних змінних факторах: змінних нормах внесення насіння та мінеральних добрив, змінних нормах внесення насіння та стабільній нормі внесення мінеральних добрив, стабільні норми внесення насіння та зміни нормах внесення мінеральних добрив. Так різна компоновка забезпечує різну варіацію одного з параметрів при змінних інших величинах і в результаті визначити оптимальний варіант для реалізації запропонованої технології. Для кожної

© О. О. Броварець, 2016

ділянки з певним набором агробіологічних параметрів можливо реалізувати свою ефективні стратегію агробіологічного керування природним потенціалом. Також можливо дану методику можна використовувати для реалізації не лише стратегії, а й для приведення за яким критерієм потрібно оптимізувати технологічний процес.

Ключові слова: *диференційоване внесення, технічна систем моніторингу, агробіологічний стан*

Постановка проблеми. Забезпечення належної ефективності сільськогосподарського виробництва не можливе без застосування комплексного підходу до диференційованого внесення технологічного матеріалу (насіння, мінеральні добрива) із врахування агробіологічного стану сільськогосподарських угідь. На сучасному етапі снують різні підходи до агробіологічного обстеження. Найбільш точний – лабораторний. Проте має недоліки – вартість та оперативність отримання інформації. З цією метою ведеться активний пошук до зниження вартості та оперативності отримання даних, не знижуючи при цьому якість отриманої інформації. За цих умов виникає необхідність використання технічних систем оперативного моніторингу стану угідь, які розміщуються на сільськогосподарських машинах при виконанні технологічної операції. Таке комбінування дає можливість значно підвищити якість виконуваної технологічної операції з використанням оперативних даних отриманих від таких систем. Отримання оперативної інформації про стан об'єкт в умовах сільськогосподарського виробництва є дуже важливою, оскільки володіння такою інформацією дає можливість прийняти оперативно управлінські рішення щодо ефективності виконання технологічних операцій в умовах невизначеності та швидкоплинності величина відповідних параметрів.

Мета досліджень – методика розрахунку одночасного диференційованого внесення насіння та мінеральних добрив при сівбі сільськогосподарських культур залежно від агробіологічного стану сільськогосподарських угідь отриманих з використанням технічних систем оперативного моніторингу стану сільськогосподарських угідь.

Аналіз останніх досліджень. На сучасному етапі розроблено ряд технічних систем моніторингу основною метою яких є забезпечення належної якості виконання технологічної операції [1–10]. Використання таких систем у сучасному сільськогосподарському виробництві дає можливість і досліджень значно підвищити ефективність сільськогосподарського виробництва, встановлено

системи технічних засобів для оперативного моніторингу стану сільськогосподарських угідь для ціленаправленої дії на ґрунтове середовище робочих органів сучасних сільськогосподарських машин (рис. 1) [1–12].

Таким чином, необхідна ефективність виробництва продукції рослинництва основних технологічних процесів у рослинництві (рис. 1) забезпечується за рахунок інтегрованого інформаційного забезпечення системи та моніторинг стану сільськогосподарських угідь, що дає можливість забезпечити належну якість виконання технологічних операцій у рослинництві шляхом оперативного керування технологічними процесами у рослинництві [2].

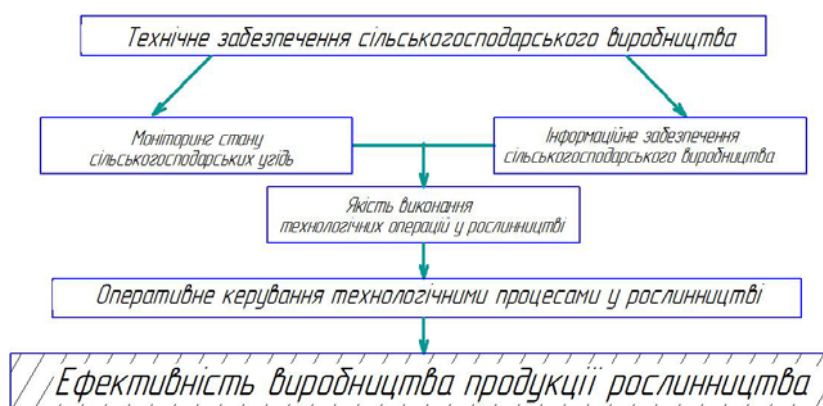


Рис. 1. Залежність ефективності виробництва продукції рослинництва шляхом забезпечення належної якості виконання технологічної операції [2].

Навіть якщо є загальноприйнятий метод для окреслення зон, то необхідно розробляти методи, для окреслення зон. При чому потрібен не статичний фактаж, в якій пропорції знаходяться між собою згадані параметри, а саме динамічні моделі взаємозв'язку в межах конкретного поля, тобто мова йде про необхідність розробки глобальної моделі виробництва сільськогосподарської продукції, яка базувалась би на закономірностях сумісного розвитку виробництва і природи, сучасних теоріях систем, ефективних методах обґрунтування рішень [1]. Таким чином, сучасні методи ефективного землеробства є основою реалізації прогностично-компенсаційної технології змінних норм внесення технологічного матеріалу у рослинництві та дає можливість проаналізувати комплексні зміни ґрунтових умов та здійснити вплив на комплексний агробіологічний стан ґрунтового середовища в межах одного поля та визначити стратегію управління агробіологічним потенціалом поля та вимагає розробки методики розрахунку одночасного диференційованого внесення насіння та мінеральних добрив при сівбі сільськогосподарських культур залежно від агробіологічного стану

сільськогосподарських угідь отриманих з використанням технічних систем оперативного моніторингу стану сільськогосподарських угідь.

Результати досліджень. Реалізація методики розрахунку одночасного диференційованого внесення насіння та мінеральних добрив при сівбі сільськогосподарських культур залежно від агробіологічного стану сільськогосподарських угідь отриманих з використанням технічних систем оперативного моніторингу стану сільськогосподарських угідь вимагає володіння наступними параметрами про технічній системі (рис. 2):

- вихідна функція реалізації комплексного диференційованого внесення технологічного матеріалу (добрив і насіння) залежно від їх норми висіву та диференційованого внесення технологічного матеріалу;

- функція вмісту поживних речовин у ґрунті визначений з використанням технічної системи оперативного моніторингу стану сільськогосподарських угідь;

- комплексний показник мінімального рівня поживних речовин у ґрунті для реалізації диференційованої сівби без внесення мінеральних добрив з використанням технічної системи оперативного моніторингу стану сільськогосподарських угідь;

- комплексний показник рівня поживних речовин у ґрунті для реалізації диференційованої сівби без внесення мінеральних добрив;

- оптимальна норма внесення мінеральних добрив у ґрунт;

- оптимальна норма висіву насіння;

- диференційована норма внесення мінеральних добрив у ґрунт;

- диференційована норма висіву насіння у ґрунт.

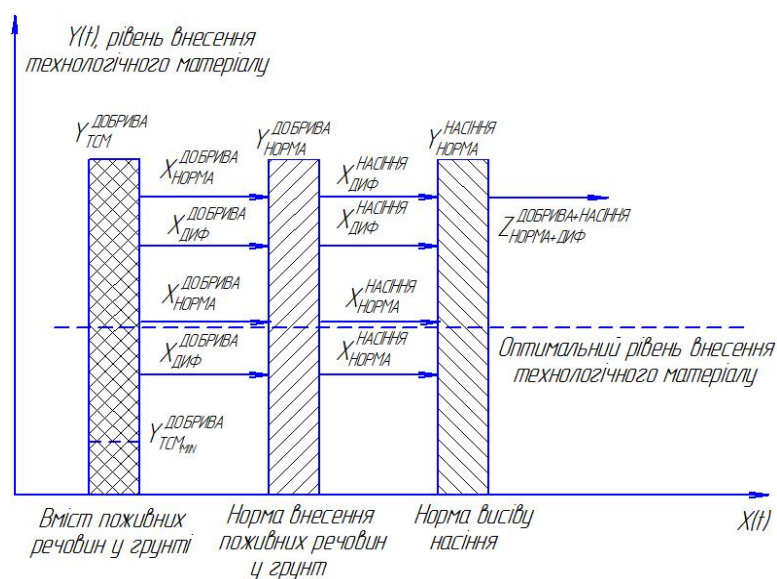


Рис. 2. Залежність рівня внесення технологічного матеріалу від їх вмісту у ґрунті та норми внесення технологічного матеріалу.

Означимо задані функції для реалізації методики розрахунку одночасного диференційованого внесення насіння та мінеральних добрив при сівбі сільськогосподарських культур залежно від агробіологічного стану сільськогосподарських угідь отриманих з використанням технічних систем оперативного моніторингу стану сільськогосподарських угідь:

$Z_{\text{НОРМА}+\text{ДИФ}}^{\text{ДОБРИВ}+\text{НАСІННЯ}}$ – вихідна функція реалізації комплексного диференційованого внесення технологічного матеріалу (добрив і насіння) залежно від їх норми висіву та диференційованого внесення технологічного матеріалу;

$Y_{\text{ТСМ}}^{\text{ДОБРИВ}}$ – функція вмісту поживних речовин у ґрунті визначена з використанням технічної системи оперативного моніторингу стану сільськогосподарських угідь;

$Y_{\text{ТСМ}_{\text{MIN}}}^{\text{ДОБРИВ}}$ – комплексний показник мінімального рівня поживних речовин у ґрунті для реалізації диференційованої сівби без внесення мінеральних добрив з використанням технічної системи оперативного моніторингу стану сільськогосподарських угідь;

$Y_{\text{НОРМА}}^{\text{ДОБРИВ}}$ – комплексний показник рівня поживних речовин у ґрунті для реалізації диференційованої сівби без внесення мінеральних добрив;

$X_{\text{НОРМА}}^{\text{ДОБРИВ}}$ – оптимальна норма внесення мінеральних добрив у ґрунт;

$X_{\text{НОРМА}}^{\text{НАСІННЯ}}$ – оптимальна норма висіву насіння;

$X_{\text{ДИФ}}^{\text{ДОБРИВ}}$ – диференційована норма внесення мінеральних добрив у ґрунт;

$X_{\text{ДИФ}}^{\text{НАСІННЯ}}$ – диференційована норма висіву насіння у ґрунт.

Тоді реалізація вихідної функції $Z_{\text{НОРМА}+\text{ДИФ}}^{\text{ДОБРИВ}+\text{НАСІННЯ}}$ реалізації комплексного диференційованого внесення технологічного матеріалу (добрив і насіння) із диференційною нормою внесення мінеральних добрив і стабільною нормою внесення насіння:

$$Z_{\text{НОРМА}+\text{ДИФ}}^{\text{ДОБРИВ}+\text{НАСІННЯ}} = \begin{cases} Y_{\text{ТСМ}}^{\text{ДОБРИВ}}, Y_{\text{НОРМА}}^{\text{ДОБРИВ}} = X_{\text{НОРМА}}^{\text{ДОБРИВ}} = Y_{\text{ТСМ}}^{\text{ДОБРИВ}}, \\ X_{\text{НОРМА}}^{\text{ДОБРИВ}} = \text{const}, X_{\text{ДИФ}}^{\text{ДОБРИВ}} = F_{\text{ДИФ}}^{\text{ДОБРИВ}}(t), \\ X_{\text{НОРМА}}^{\text{НАСІННЯ}} = \text{const}, X_{\text{ДИФ}}^{\text{НАСІННЯ}} = 0. \end{cases} \quad (1)$$

Вихідна функція $Z_{\text{НОРМА}+\text{ДИФ}}^{\text{ДОБРИВ}+\text{НАСІННЯ}}$ реалізації комплексного внесення технологічного матеріалу (добрив і насіння) із стабільною нормою внесення мінеральних добрив і насіння:

$$Z_{\text{НОРМА}+\text{ДИФ}}^{\text{ДОБРИВ}+\text{НАСІННЯ}} = \begin{cases} Y_{\text{ТСМ}}^{\text{ДОБРИВ}}, Y_{\text{НОРМА}}^{\text{ДОБРИВ}} = X_{\text{НОРМА}}^{\text{ДОБРИВ}} = Y_{\text{ТСМ}}^{\text{ДОБРИВ}}, \\ X_{\text{НОРМА}}^{\text{ДОБРИВ}} = \text{const}, X_{\text{ДИФ}}^{\text{ДОБРИВ}} = 0, \\ X_{\text{НОРМА}}^{\text{НАСІННЯ}} = \text{const}, X_{\text{ДИФ}}^{\text{НАСІННЯ}} = 0. \end{cases} \quad (2)$$

Вихідна функція $Z_{\text{НОРМА+ДИФ}}^{\text{ДОБРИВ+НАСІННЯ}}$ реалізації комплексного диференційованого внесення технологічного матеріалу (добрив і насіння) із диференційною нормою внесення добрив і насіння:

$$Z_{\text{НОРМА+ДИФ}}^{\text{ДОБРИВ+НАСІННЯ}} = \begin{cases} Y_{\text{ТСМ}}^{\text{ДОБРИВ}}, Y_{\text{ТСМ}}^{\text{ДОБРИВ}} \succ Y_{\text{НОРМА}}^{\text{ДОБРИВ}} \succ Y_{\text{ТСМ}_{\text{МИН}}}^{\text{ДОБРИВ}}, \\ X_{\text{НОРМА}}^{\text{ДОБРИВ}} = \text{const}, X_{\text{ДИФ}}^{\text{ДОБРИВ}} = F_{\text{ДИФ}}^{\text{ДОБРИВ}}(t), \\ X_{\text{НОРМА}}^{\text{НАСІННЯ}} = F_{\text{НОРМА}}^{\text{НАСІННЯ}}(t), X_{\text{ДИФ}}^{\text{НАСІННЯ}} = F_{\text{ДИФ}}^{\text{НАСІННЯ}}(t). \end{cases} \quad (3)$$

Вихідна функція $Z_{\text{НОРМА+ДИФ}}^{\text{ДОБРИВ+НАСІННЯ}}$ реалізації комплексного диференційованого внесення технологічного матеріалу (добрив і насіння) із диференційною нормою висіву насіння із стабільною нормою внесення мінеральних добрив (або взагалі без їх внесення):

$$Z_{\text{НОРМА+ДИФ}}^{\text{НАСІННЯ}} = \begin{cases} Y_{\text{ТСМ}}^{\text{ДОБРИВ}}, Y_{\text{НОРМА}}^{\text{ДОБРИВ}} \cong Y_{\text{ТСМ}}^{\text{ДОБРИВ}} \succ Y_{\text{ТСМ}_{\text{МИН}}}^{\text{ДОБРИВ}}, \\ X_{\text{НОРМА}}^{\text{ДОБРИВ}} = \text{const}, X_{\text{ДИФ}}^{\text{ДОБРИВ}} = 0, \\ X_{\text{НОРМА}}^{\text{НАСІННЯ}} = F_{\text{НОРМА}}^{\text{НАСІННЯ}}(t), X_{\text{ДИФ}}^{\text{НАСІННЯ}} = F_{\text{ДИФ}}^{\text{НАСІННЯ}}(t). \end{cases} \quad (4)$$

У загальному випадку вихідна функція реалізації диференційованого внесення насіння та мінеральних добрив при сівбі сільськогосподарських культур залежно від агробіологічного стану сільськогосподарських угідь отриманих з використанням технічних систем оперативного моніторингу стану сільськогосподарських угідь буде наступною:

$$Z_{\text{НОРМА+ДИФ}}^{\text{ДОБРИВ+НАСІННЯ}} = Y_{\text{ТСМ}}^{\text{ДОБРИВ}} + Y_{\text{МИН}}^{\text{ДОБРИВ}} + Y_{\text{НОРМА}}^{\text{ДОБРИВ}} + \sum X_{\text{НОРМА}}^{\text{ДОБРИВ}} + \sum X_{\text{НОРМА}}^{\text{НАСІННЯ}} + \sum X_{\text{ДИФ}}^{\text{ДОБРИВ}} + \sum X_{\text{ДИФ}}^{\text{НАСІННЯ}} \quad (5)$$

де $X_{\text{МИН}}^{\text{ДОБРИВ}}$ – комплексний показник мінімального рівня поживних речовин у ґрунті для реалізації диференційованої сівби без внесення мінеральних добрив; $X_{\text{ДИФ}}^{\text{НАСІННЯ}}$ – диференційована норма висіву насіння; $Y_{\text{НОРМА}}^{\text{НАСІННЯ}}$ – норма висіву насіння у ґрунт.

Висновок. Реалізація запропонованої методик дає можливість розрахувати одночасний диференційований висів насіння та внесення компенсаційних норм мінеральних добрив, диференціювати норму внесення компенсаційних норм мінеральних добрив при стабільній нормі висіву, диференціювати норму висіву насіння при стабільній нормі внесення компенсаційних норм мінеральних добрив нормі внесення при сівбі сільськогосподарських культур залежно від агробіологічного стану сільськогосподарських угідь отриманих з використанням технічних систем оперативного моніторингу стану сільськогосподарських угідь.

Список літератури

1. А.с. СРСР №209878, МПК5 А01С 15/12.
2. http://www.yara.de/doc/39944_Broschuere_N-Sensor_201206.pdf.
3. Патент № 55582, опубл. 15.04.2003, бюл. № 4, МПК А01С 15/00.
4. Масло І. П. Автоматизована система моніторингу родючості ґрунту та

- локально-дозоване використання хімпрепаратів / *І. П. Масло, В. Г. Мироненко* // Вісник сільськогосподарської науки. – 1998. – №5. – С. 56–58.
5. *Пастушенко С. І.* Оптимизация сельскохозяйственных технических систем / *С. І. Пастушенко* // Техніка АПК. – 1999. – №8. – С. 12–15.
6. *Адамчук В. В.* Техніка для землеробства майбутнього / *В. В. Адамчук, В. К. Мойсеєнко, В. І. Кравчук, Д. Г. Войтюк* // Механізація та електрифікація сільського господарства. – Глеваха: ННЦ „ІМЕСГ”. – 2002. – Вип. 86. – С. 20–32.
7. *Сучасні тенденції розвитку конструкцій сільськогосподарської техніки* / За ред. *В. І. Кравчука, М. І. Грицишина, С. М. Ковалю.* – К.: Аграрна наука, 2004. – 398 с.
8. *Гуков Я. С.* Автоматизированная система локально-дозированного внесения удобрений, мелиорантов и средств защиты растений / *Я. С. Гуков, Н. К. Линник, В. Г. Мироненко* // Труды 2-й МНПК по проблемам дифференциального применения удобрений в системе координатного земледелия. – Рязань, 2001. – С. 48–50.
9. *Myronenko V.* Rizeni pracovnich procesu ekologicke techniky / *V. Myronenko, V. Dubrovin* // Sbornik prednasek VUZT “Zemedelska technika a biomasa 2004”. – Том 5. – Praha, 2004. – С. 71–75.
10. *Мироненко В. Г.* Технічні засоби забезпечення якості виконання технологічних процесів у рослинництві : монографія / *В. Г. Мироненко.* – К.: НАУ, 2005. – 271 с.
11. *Гром-Мазничевский Л. И.* Разработать средства и системы автоматического контроля и управления мобильными сельскохозяйственными машинами с использованием микропроцессорной техники / [*Л. И. Гром-Мазничевский, В. А. Коваль, В. Г. Мироненко* и др.] // Научный отчет УНИИМЭСХ, 1990. – 124 с., № гос. регистрации 81096003.
12. *Броварець О. О.* Інформаційні технології та технічні засоби нового покоління для моніторингу й забезпечення якості виконання технологічних процесів при вирощуванні сільськогосподарських культур / *О. О. Броварець* // Хранение и переработка зерна. – 2013. – № 6 (171). – С. 37–42.

References

1. A.s. SPSP #209878, MPK5 A01S 15/12.
2. http://www.yara.de/doc/39944_Broschuere_N-Sensor_201206.pdf.
3. *Patent* № 55582, opubl.15.04.2003, byul. # 4, MPK A01C 15/00.
4. *Maslo, I. P., Myronenko, V. H.* (1998). Avtomatyzovana systema monitopynhu podyuchosti hpuntu ta lokal'no-dozovane vykopystannya khimppeparativ [Automated system of monitoring of soil fertility and local and limited use of chemical preparations]. Bulletin of agricultural science, 5, 56–58.
5. *Pastushenko, S. Y.* (1999). Optymyzatsyya sel'skokhozyaystvennykh tekhnicheskyykh system [Optimization of agricultural technical systems]. Technique AIC, 8, 12–15.
6. *Adamchuk, V. V., Moyseyenko, V. K., Kravchuk, V. I., Voytyuk, D. H.* (2002). Tekhnika dlya zemleobstva maybutn'oho [Appliances for the farming of the future]. Mechanization and electrification of agriculture. Hlevakha: NNTs „IMES-H”, Vyp. 86, 20–32.
7. *Suchasni tendentsiyi pozvytku konstpuksiy sil'skohospodaps'koyi tekhniky* (2004). [Modern trends in the development of structures of agricultural machinery] / *Za ped. V. I. Kravchuka, M. I. Hpytsyshyna, S. M. Kovalya.* K.: Ahpapna nauka, 398.
8. *Hukov, Ya. S., Lynnyk, N. K., Myponenko, V. H.* (2001). Avtomatyzypovannaya systema lokal'no-dozypovannoho vnesenyua udobpenyy, melyopantov y spedstv

zashchyty pastenyy [Automated system locally-dosed application of fertilizers, ameliorants and plant protection means]. Tруды 2-й МНПК по проблемам дифференциального применения удобрений в системе кооперативного земледелия. Pyazan', 48–50.

9. Myronenko, V. (2004). Rizeni pracovnich procesu ekologické techniky [Rizeni pracovnich procesu ekologické techniky] / V. Myronenko, V. Dubrovin // Sbornik prednasek VUZT “Zemedelska technika a biomasa 2004”, Tom 5, Praha, 71–75.

10. Myronenko, V. H. Tekhnichni zasoby zabezpechnyya yakosti vykonannya tekhnologichnykh pposesiv u poslynnystvii : monohrafiya [Technical means of quality assurance of technological processes in crop production : monograph]. K.: NAU, 271.

11. Hpom-Maznychevskyy, L. Y., Koval', V. A., Myponenko, V. H. (1990). Pazpabotat' spedstva y systemy avtomatycheskoho kontpolya y uppavlenyya mobyl'nymy sel'skokhozyaystvennymy mashynamy s yspol'zovanyem mykropotsessopnoy tekhniky [To develop tools and systems of automatic monitoring and control of mobile agricultural machines by using microprocessor technology]. Nauchnyy otchet UNYYMƏSKh, 124, hos. pehystpatsyy 81096003.

12. Bpovapets', O. O. (2013). Infopmatsiyni tekhnolohiyi ta tekhnichni zasoby novoho pokolinnya dlya monitopynhu y zabezpechnyya yakosti vykonannya tekhnologichnykh pposesiv ppy vyposhchuvanni sil'skohospodaps'kykh kul'tup [Information technologies and technical means of new generation for monitoring and quality assurance of technological processes in the cultivation of agricultural crops]. Khpanenye y pepepabotka zepna, 6 (171), 37–42.

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОГО ВНЕСЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ ОТ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ОПЕРАТИВНОГО МОНИТОРИНГА

А. А. Броварец

Аннотация. Предложенная методика расчета одновременного дифференцированного внесения семян и минеральных удобрений при севе сельскохозяйственных культур в зависимости от агробиологического состояния сельскохозяйственных угодий полученных с использованием технических систем оперативного мониторинга состояния сельскохозяйственных угодий. Технические системы оперативного мониторинга состояния сельскохозяйственных угодий размещаются на машинно-тракторных агрегатах, что позволяет обеспечить дифференцированное внесение технологического материала (семян и минеральных удобрений) на основе уточненных данных об агробиологическом состоянии грунтовой среды полученных от технических систем оперативного мониторинга состояние грунтовой среды. При реализации дифференцированной технологии внесении технологического материала исключенное взаимное их влияние друг на друга. Данная методика дает возможность спрогнозировать взаимное влияние и спрогнозировать

необходимую норму каждого технологического материала с учетом агробиологического состояния грунтовой среды. Приведено разные способы реализации при разных переменных факторах: переменных нормах внесения семян и минеральных удобрений, переменных нормах внесения семян и стабильной норме внесения минеральных удобрений, стабильные нормах внесения семян и изменения нормах внесения минеральных удобрений. Так разная компоновка обеспечивает разную вариацию одного из параметров при переменных других величинах и в результате определить оптимальный вариант для реализации предложенной технологии. Для каждого участка с определенным набором агробиологических параметров возможно реализовать свою эффективные стратегию агробиологического управления природным потенциалом. Также возможно данную методику можно использовать для реализации не только стратегии, но и для приведения за каким критерием нужно оптимизировать технологический процесс.

Ключевые слова: дифференцированное внесение, техническая систем мониторинга, агробиологическое состояние

METHOD OF CALCULATION OF VARIABLE RATE APPLICATION TECHNOLOGY MATERIAL USING DATA FROM TECHNICAL SYSTEMS OPERATIONAL MONITORING

O. O. Brovarets

Abstract. The methods of calculating simultaneous variable rate application of seeds and mineral fertilizers for sowing of agricultural crops depending on the agro-biological condition of agricultural land produced using technical systems to quickly monitor the status of agricultural land. Technical system for operational condition monitoring of agricultural lands are placed on the machine-tractor units, allowing you to provide differentiated application of technological materials (seed and fertilizer) based on utochneny of data on agro-biological condition of soil environment derived from technological systems, operational monitoring the condition of the soil medium. When implementing differentiated technology introduction process material excluded their mutual influence on each other. This technique makes it possible to predict the mutual influence and predict the required rate of each process material taking into account agro-biological condition of soil environment. Given the different implementation methods with different variables: variable rate applications of seed and fertilizer, variable rate applications of seeds and stable rate of introduction of mineral fertilizers, stable rate of introduction of seed and change of norms of mineral fertilizers. So different layout for different variation of one of the parameters of the variables with other

values and determine the best option for implementation of proposed technology. For each parcel with a specific set of agrobiological parameters it is possible to implement an effective strategy agrobiological management of natural potential. It is also possible this method can be used to implement not only strategies, but also to bring what criterion need to optimize the process.

Key words: *differential application, technical monitoring systems, agro-biological condition*

УДК 378.147:631.3

ДИДАКТИЧНІ УМОВИ ЯК ТЕОРЕТИЧНЕ ПІДГРУНТЯ ПРАКТИЧНОЇ ПІДГОТОВКИ БАКАЛАВРІВ З МЕХАНІЗАЦІЇ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА

**О. А. Дьомін, І. О. Колосок, кандидати педагогічних наук
e-mail: kolosoc@online.ua**

Анотація. Розглянуто комплекс найважливіших дидактичних умов, що оптимально впливають на процеси формування у майбутніх бакалаврів під час практичної підготовки професійних знань, умінь і навичок з механізації сільськогосподарського виробництва. Зокрема, у результаті вивчення практичного досвіду та психолого-педагогічного аналізу наукових джерел, в яких розкриваються підходи щодо практичної підготовки студентів визначені основні дидактичні умови практичної підготовки майбутніх фахівців освітньо-кваліфікаційного рівня “бакалавр” за напряду підготовки “Агрономія” з механізації сільськогосподарського виробництва. Такими дидактичними умовами є: організація оволодіння майбутніми агрономами необхідними пізнавальними умінями і навичками для засвоєння знань про сільськогосподарську техніку в натуральному вигляді; організація безперервного контролю знань як засобу залучення студентів до систематичної навчальної діяльності; створення у процесі практичної підготовки навчальних ситуацій, що сприяють виникненню у майбутніх агрономів стеничних емоцій позитивної модальності; організація управління зоровим сприйманням студентів для формування у них правильних образних уявлень, необхідних у майбутній фаховій діяльності; застосування на лабораторних заняттях та навчальній практиці адекватних навчальним цілям форм організації праці студентів; забезпечення адекватності навчально-матеріальної бази змісту практичної підготовки.

© О. А. Дьомін, І. О. Колосок, 2016

values and determine the best option for implementation of proposed technology. For each parcel with a specific set of agrobiological parameters it is possible to implement an effective strategy agrobiological management of natural potential. It is also possible this method can be used to implement not only strategies, but also to bring what criterion need to optimize the process.

Key words: *differential application, technical monitoring systems, agro-biological condition*

УДК 378.147:631.3

ДИДАКТИЧНІ УМОВИ ЯК ТЕОРЕТИЧНЕ ПІДГРУНТЯ ПРАКТИЧНОЇ ПІДГОТОВКИ БАКАЛАВРІВ З МЕХАНІЗАЦІЇ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА

**О. А. Дьомін, І. О. Колосок, кандидати педагогічних наук
e-mail: kolosoc@online.ua**

Анотація. Розглянуто комплекс найважливіших дидактичних умов, що оптимально впливають на процеси формування у майбутніх бакалаврів під час практичної підготовки професійних знань, умінь і навичок з механізації сільськогосподарського виробництва. Зокрема, у результаті вивчення практичного досвіду та психолого-педагогічного аналізу наукових джерел, в яких розкриваються підходи щодо практичної підготовки студентів визначені основні дидактичні умови практичної підготовки майбутніх фахівців освітньо-кваліфікаційного рівня “бакалавр” за напряду підготовки “Агрономія” з механізації сільськогосподарського виробництва. Такими дидактичними умовами є: організація оволодіння майбутніми агрономами необхідними пізнавальними уміньми і навичками для засвоєння знань про сільськогосподарську техніку в натуральному вигляді; організація безперервного контролю знань як засобу залучення студентів до систематичної навчальної діяльності; створення у процесі практичної підготовки навчальних ситуацій, що сприяють виникненню у майбутніх агрономів стеничних емоцій позитивної модальності; організація управління зоровим сприйманням студентів для формування у них правильних образних уявлень, необхідних у майбутній фаховій діяльності; застосування на лабораторних заняттях та навчальній практиці адекватних навчальним цілям форм організації праці студентів; забезпечення адекватності навчально-матеріальної бази змісту практичної підготовки.

© О. А. Дьомін, І. О. Колосок, 2016

Ключові слова: *дидактичні умови, зорове сприймання, контроль знань, об'єкт пізнання, практична підготовка, пізнавальні уміння й навички, позитивні емоції*

Постановка проблеми. Підвищення ефективності використання сільськогосподарської техніки повною мірою залежить від якості професійної підготовки майбутніх фахівців-аграрників в умовах вищого навчального закладу. Слід зазначити, що у сучасному сільськогосподарському виробництві, зокрема у рослинництві, потоковий і приймальний контроль якості виконуваних робіт проводять фахівці-агрономи. У зв'язку з цим саме на них покладається основна відповідальність за строки, ефективність та якість виконання цього завдання. Адже відомо, що від того, наскільки ефективно майбутні фахівці оволоділи знаннями про сучасну сільськогосподарську техніку, уміннями працювати з нею і новітніми технологіями, залежить кваліфіковане виконання ними професійних обов'язків на виробництві. Таким чином, базові професійні якості висококваліфікованого фахівця – аграрника формуються в умовах практичної підготовки майбутніх бакалаврів.

У свою чергу, для ефективного здійснення практичної підготовки у вищому аграрному закладі освіти необхідно виділити комплекс найважливіших дидактичних умов, що оптимально впливають на процеси формування у майбутніх агрономів професійних знань, умінь і навичок з механізації сільськогосподарського виробництва.

Аналіз останніх досліджень. Зазначимо, що теорія навчання вищої школи тісно пов'язана з вивченням проблеми перетворення навчальної інформації у знання студентів. Надана педагогом або за допомогою інших засобів інформація може перетворитися у знання студентів, а може й ні.

Залежить це, передусім, від того, наскільки дидактично підготовлені умови для такого перетворення [1]. Р. А. Нізамов вважає, що організація активної пізнавальної діяльності студентів можлива тільки під час створення психолого-педагогічних умов, тобто такої обстановки в аудиторіях, кабінетах, де відбуваються заняття, в якій у тісній взаємодії подана найкраща сукупність психологічних і педагогічних факторів (середовища, засобів, взаємовідносин тощо), що забезпечують можливість викладачу організовувати активну діяльність студента. Такі умови створюються з урахуванням фізіології, психології особистості, правил гігієни розумової праці, вимог педагогіки до організації процесу навчання і виховання [13].

Слід відзначити наукові дослідження В. І. Рябця, в яких обґрунтовано педагогічні умови продуктивного практичного навчання

майбутніх молодших спеціалістів механіків в агротехнічному коледжі, та І. Й. Блози з визначення дидактичних умов практичної підготовки майбутніх молодших спеціалістів з механізації сільськогосподарства у коледжі у процесі вивчення дисципліни “Сільськогосподарські машини” [3, 15]. Однак ці вчені досліджували практичну підготовку майбутніх молодших спеціалістів механіків, яка має суттєві відмінності від практичної підготовки майбутніх фахівців освітньо-кваліфікаційного рівня “бакалавр” за напрямом підготовки “Агрономія” з механізації сільськогосподарського виробництва.

Метою наших **досліджень** є визначення дидактичних умов практичної підготовки майбутніх бакалаврів напряму підготовки «Агрономія» з механізації сільськогосподарського виробництва у вищому аграрному закладі освіти.

Результати досліджень. У результаті вивчення практичного досвіду та психолого-педагогічного аналізу наукових джерел, в яких розкриваються підходи щодо практичної підготовки студентів в умовах вищого навчального закладу, ми визначили дидактичні умови практичної підготовки майбутніх фахівців освітньо-кваліфікаційного рівня “бакалавр” за напрямом підготовки “Агрономія” з механізації сільськогосподарського виробництва. Цими дидактичними умовами є:

1. Організація оволодіння майбутніми агрономами необхідними пізнавальними уміннями і навичками для засвоєння знань про сільськогосподарську техніку в натуральному вигляді.

Рівень підготовленості студентів до свідомого вивчення матеріалу визначається, в основному, особистим досвідом. Оскільки досвід у пізнавальній діяльності студентів характеризується певними знаннями, уміннями й навичками, які потрібні для формування нових знань і умінь, щоб успішно оволодіти спеціальністю нами визначені такі пізнавальні уміння і навички: сприймання плоских навчальних рисунків у вигляді просторових образів деталей, вузлів та машини в цілому; виділення суттєвих ознак в деталях та їхніх з'єднаннях; уявлення робочого процесу сільськогосподарських машин; наявність у пам'яті студентів загальноновживаних технічних понять-термінів і умінь оперувати ними.

Для формування у студентів умінь сприймати плоскі навчальні рисунки у вигляді просторових образів деталей, вузлів та машини в цілому доцільно на початковому періоді вивчення сільськогосподарської техніки застосовувати прийоми зіставлення конкретних деталей та машини в цілому з їхніми рисунками на навчальних плакатах. Так, під час вивчення студентами культиватора для суцільного обробітку ґрунту КПС-4 пропонуємо студентам вправи за допомогою бесіди. Наприклад: покажіть універсальну стрілчасту лапу на культиваторі КПС-4, а потім на плакаті; обведіть на плакаті указкою контури цієї деталі.

Формування у студентів умінь технічних диференціювань обумовлюється тим, що переважна більшість студентів під час вивчення будови окремих вузлів сільськогосподарських машин не в змозі відрізнити одну від одної деякі деталі, з яких складається вузол. Формування у майбутніх агрономів умінь технічних диференціювань пропонуємо здійснювати під час виконання ними вправ у вигляді практичних завдань на відшукування елементів деталей та вузлів, які мають певне призначення.

На підставі власних багаторічних спостережень нами встановлено, що значні труднощі у пізнавальній діяльності студентів на лабораторних заняттях проявляються під час засвоєння ними знань про робочий процес сільськогосподарської машини. Це пов'язано з відсутністю у переважної більшості студентів власного чуттєвого досвіду сприймання об'єктів техніки в натуральному вигляді у процесі виконання цієї технікою певних технологічних операцій. З точки зору психології, образи уявлення як складова досвіду студентів створюються на підставі образів сприймання робочого процесу сільськогосподарської техніки. Враховуючи те, що на лабораторних заняттях відсутня можливість дослідити робочий процес конкретної машини в натуральних умовах, наше завдання полягає в тому, щоб сформувані у студентів уміння уявляти робочий процес сільськогосподарських машин через моделювання функції робочих органів. Моделями на лабораторних заняттях виступають рисунки на навчальних плакатах, де зображено процес роботи робочих органів сільськогосподарських машин.

Ми пропонуємо формувати у студентів уміння уявляти робочий процес сільськогосподарських машин за допомогою виконання ними на лабораторних заняттях вправ під час бесіди з використанням моделей. Як свідчить педагогічний досвід, однією з причин, що заважає майбутнім агрономам свідомо сприймати навчальну технічну інформацію на лабораторних заняттях, є, по-перше, низький рівень знань загальнотехнічних понять. Це виявляється у нерозумінні таких понять, як кронштейн, тяга, важіль, штанга, вісь, вал тощо. По-друге, студентам не вистачає запасу таких понять у пам'яті і умінь володіти ними. Для того, щоб студенти розуміли почутий від викладача термін, ми пропонуємо організувати бесіду, мета якої встановити, чи всі студенти правильно зрозуміли його. Для того, щоб у студентів формувались уміння оперувати такими поняттями, потрібно вимагати від них під час усних відповідей користуватись тільки відповідними поняттями-термінами для позначення деталей та вузлів машин, що вивчаються, та наводити приклади їхнього використання.

2. Організація безперервного контролю знань як засобу залучення студентів до систематичної навчальної діяльності. Загальновідомо, що будь-яка діяльність людини, в тому числі і

навчальна, завжди вмотивована. Мотиви є необхідним компонентом діяльності людей. Вони визначають те, заради чого учні виконують навчальні завдання [14]. Первинною основою мотивації людини є потреби. Потреба як первинна основа мотивації визначається як активний стан особистості і виявляється у вигляді необхідності у чомусь певному. Саме ця необхідність і є джерелом діяльності людини, під час якої відбувається її розвиток.

Таким чином, потреба – це джерело діяльності особистості [8]. Але, як зазначає Ю. К. Бабанський, для того, щоб знати, який смисл вкладає людина у свої дії та вчинки, необхідно, перш за все, дослідити систему її мотивів [11]. До мотивів учіння належить широкий спектр пізнавальних та соціальних мотивів, які в своїй єдності та взаємодії утворюють внутрішню мотивацію учіння студентів. Проте існує третій вид мотивів, що стимулюють навчальну діяльність та не входять до структури внутрішньої мотивації учіння. Це мотиви, які виникають завдяки зовнішній стимуляції, за допомогою викладача. Такі мотиви називають зовнішніми. Джерелом зовнішньої мотивації учіння є недостатня готовність студента виконувати навчальні обов'язки.

На нашу думку, зовнішні мотиви учіння призначені для залучення студентів до спільної діяльності з викладачем, спрямовують розумову діяльність на результат, який тільки безпосередньо не пов'язаний з пізнанням об'єкта. Зовнішні мотиви активізують потреби, що викликають активність особистості, яка на даний момент ще не залучена до свідомих дій з набування знань. Саме ці потреби, такі, як потреба іміджу, престижу, гідності, визнання, переживаються особистістю як особливо важливі, необхідні та актуальні для неї, і хоча вони безпосередньо не пов'язані з пізнавальною діяльністю, в результаті спонукають особистість до навчальних дій.

Таким чином, поточний контроль у навчанні виступає як зовнішній мотив учіння, який при тривалому і постійному впливі може започаткувати формування у студентів пізнавальних потреб. Отже, поточний контроль у процесі практичної підготовки майбутніх агрономів виконує такі функції: забезпечує багаторазове активне повторення навчальної інформації і глибоке усвідомлення сутності основного змісту; за результатами активного повторення сприяє формуванню стійких знань; започатковує формування пізнавальних потреб; формує у студентів переконання у необхідності та готовності систематично виконувати навчальні обов'язки.

3. Створення у процесі практичної підготовки навчальних ситуацій, що сприяють виникненню у майбутніх агрономів стеничних емоцій позитивної модальності. За даними вчених-психологів, у людини працюють три основні сфери психічної діяльності: понятійно-логічна, образна, емоційна [16]. Значний вплив на пізнавальну працездатність студента і, як наслідок, на формування стійких знань

має емоційна сфера. Емоційна сфера сама по собі не виконує роботу з осмислення інформації, проте її вплив здатний забезпечити “легкість” навчання або, навпаки, знизити рівень пізнавальної активності до небажаного [5, 9, 10, 12, 16].

Якщо не звертати увагу на перебіг емоційних процесів під час засвоєння знань і не намагатися керувати ними, негативний вплив емоцій може значною мірою нейтралізовувати пізнавальну діяльність студентів. Нами встановлено, що позитивні емоції як фактор активізації пізнавальної діяльності студентів виникають, по-перше, під впливом оточуючого середовища, в якому знаходиться особистість і, по-друге, в самій діяльності, спрямованій на задоволення пізнавальних потреб та відповідно до мотивів діяльності при умові, що перебіг дій повністю задовольняє початкові спонуки особистості.

У результаті дослідження ми прийшли до висновку, що основними прийомами формування позитивних емоцій у майбутніх агрономів у процесі практичної підготовки є такі: студент наполегливо займається навчальною працею, в результаті чого в нього з’являються бажані результати, які помічаються і відзначаються викладачем; під час бесіди за темою лабораторного заняття, навчальної практики, розв’язання проблемних ситуацій або виконання вправ студента ставлять у такі умови, щоб у нього спрацював здогад; під час пасивного та активного повторення навчальної інформації в образну або іншу сенсорну інформацію вводяться зміни, які не вносять нічого нового у зміст та перебіг практичної підготовки – зміна інтонації, пауза, використання міміки та жестів викладачем, піднесений настрій викладача, зміна розташування викладача і студента під час бесіди за темою лабораторного заняття або під час захисту звіту, надання можливості студенту під час захисту звіту користуватись наочністю тощо.

4. Організація управління зоровим сприйманням студентів для формування у них правильних образних уявлень, необхідних у майбутній фаховій діяльності.

Однією з умов, яка ускладнює пізнавальну діяльність студентів на лабораторних заняттях, є відсутність або недостатність попередньої підготовки студентів до сприймання складної навчальної технічної інформації. Попередню підготовку для засвоєння знань про будову та робочий процес сільськогосподарських машин ми розуміємо як наявність у студентів власного чуттєвого досвіду сприймання об’єктів техніки, що вивчаються ними в процесі практичної підготовки у вищому навчальному закладі, або об’єктів техніки, аналогічних за призначенням. У студентів, які не мають досвіду чуттєвого

сприймання об'єктів техніки, розуміння і засвоєння складних технічних понять, пов'язаних з конкретною сільськогосподарською машиною, відбувається з певними труднощами. У пізнавальній діяльності вони пов'язані із впливом на чуттєве сприймання студентів об'єкта вивчення. Це означає, що об'єкт вивчення – складна сучасна сільськогосподарська техніка – має таку будову, яка і визначає рівень труднощі пізнавальної діяльності студентів.

За даними А. І. Дьоміна, певна градація навчального матеріалу щодо будови і роботи машин за трудностю його вивчення існує об'єктивно, незалежно від методики його викладання і від рівня підготовки студентів, тобто в самій конструкції механізмів і машин закладено певні труднощі їх вивчення. Рівень цих труднощів має виявлятися через певні дидактичні умови, які є зв'язуючою ланкою між конструкцією машин і пізнавальною діяльністю студентів під час її вивчення [4].

Вчений визначив об'єктивні дидактичні умови, які характеризують особливості пізнавальної діяльності студентів у процесі вивчення матеріалу про будову та роботу машин та на їх основі класифікував за трудностю вивчення основні вузли і механізми машин. А. І. Дьомінім визначено десять ступенів труднощі.

Класифікація машинних вузлів та механізмів за трудностю вивчення їх майбутніми агрономами дає можливість нам правильно підібрати засоби допоміжної наочності для проведення лабораторних занять і навчальної практики. Допоміжна наочність у вигляді навчальних плакатів, схем, деталей вузлів та механізмів, розрізів вузлів у поєднанні з об'єктом вивчення в натуральному вигляді створюють умови для формування у студентів правильних образів сприймання, які є основою понять. Використовуючи на заняттях натуральні наочні посібники в поєднанні з посібниками у зображеннях та символічними, ми допомагаємо студентам розв'язати, залежно від складності змісту матеріалу, що вивчається, певну пізнавальну задачу. Результатом розв'язання цієї задачі є сформоване поняття про будову та робочий процес машини в натуральному вигляді, що відкладається в пам'яті.

Таким чином, правильно зорієнтована пізнавальна діяльність студентів під час вивчення об'єкта техніки стає основою для формування і розвитку образних уявлень про будову, розміщення і взаємозалежне переміщення під час роботи деталей вузла, механізму з опорою на наочність. Образні уявлення – це образи пам'яті. Саме вони і входять до складу особистісного досвіду студента.

5. Застосування на лабораторних заняттях та навчальній практиці адекватних навчальним цілям форм організації праці студентів. Організація і керівництво викладачем пізнавальною діяльністю студентів у процесі практичної підготовки здійснюється

через застосування науково обґрунтованих форм організації праці студентів. Адже рівень розуміння навчального матеріалу та якість засвоєння знань на лабораторних заняттях, ступінь сформованості необхідних умінь і навичок під час проведення навчальної практики обумовлені змістом практичної діяльності студентів, яку визначає, впроваджує та реалізує педагог.

Аналіз форм організації праці студентів та методи проведення лабораторних і практичних занять, що обумовлюють застосування відповідних форм організації праці, дає підстави зробити такий висновок. Ті види практичних занять, які наводять відомі вчені, а саме лабораторні і практичні роботи, організовуються для вивчення тих предметів, які не вимагають складного, часто змінного на кожному занятті обладнання (хімія, електротехніка, біологія тощо) [1, 2, 6, 7, 17]. Сільськогосподарська ж техніка, яка вивчається майбутніми агрономами, має характерну специфіку, що обумовлює відповідний вплив на організацію пізнавальної діяльності студентів.

Так, студенти агрономічних факультетів пізнають сучасну сільськогосподарську техніку через вивчення її конструкції і будови на лабораторних заняттях та під час виконання ними комплексу завдань з підготовки машинно-тракторних агрегатів до виконання польових робіт у період проведення навчальної практики. Лабораторні ж або практичні заняття, що організуються у вищому навчальному закладі для вивчення, наприклад, хімії чи біології, дають можливість майбутньому агроному оволодіти знаннями про об'єкт пізнання через встановлення властивостей цього об'єкта шляхом лабораторного експерименту, де значне місце займає ручна робота. Таким чином, процес оволодіння знаннями про складну сучасну сільськогосподарську техніку вимагає інших підходів щодо організації праці студентів, які б найбільш точно відповідали об'єкту, що вивчається. Враховуючи можливості навчально-матеріальної бази вищого навчального закладу, метод навчання, зміст навчального матеріалу, дидактичну мету заняття та місце його проведення, ми вважаємо доцільним під час проведення лабораторних занять застосовувати фронтально-індивідуальну форму організації праці студентів, а в процесі проведення навчальної практики – бригадно-індивідуальну.

6. Забезпечення адекватності навчально-матеріальної бази змісту практичної підготовки. Наведена нами умова реалізується через дотримання таких вимог:

а) Забезпечити об'єкт пізнання в натуральному вигляді повним комплектом робочих органів. Будова багатьох сільськогосподарських машин, таких як, наприклад, плуг, лушпильник, борона тощо, відрізняється від будови решти машин відсутністю передавального

механізму. Тому в конструкції цих машин розрізняють робочі органи та допоміжні (або базові) частини. Робочі органи призначені для забезпечення робочого процесу сільськогосподарських машин. Тому, якщо майбутні агрономи під час практичної підготовки успішно оволодівають знаннями про будову та процес їх роботи, засвоєння знань про базові частини машини, які у більшості випадків представлені системою опорних політехнічних понять, відбувається без значних труднощів у пізнавальній діяльності студентів. Таким чином, від наявності на об'єкті пізнання в натуральному вигляді повного комплексу робочих органів, які забезпечують робочий процес сільськогосподарських машин, залежить рівень розуміння та повнота і якість засвоєння необхідної навчальної інформації.

б) Під час засвоєння студентами знань про будову, робочий процес, технологічні регулювання та процес технологічної наладки запланованої марки сільськогосподарської машини виключити можливість невідповідності навчальної інформації, яку надає викладач, об'єкту пізнання в натуральному вигляді. Слід відзначити, що за своєю конструкцією сільськогосподарські машини, які вивчають майбутні агрономи, суттєво відрізняються одна від одної. Подібність у будові зустрічається тільки серед машин, які мають схоже призначення, але в конструкції базової частини цих машин присутні певні елементи, які характеризують саме дану марку сільськогосподарської техніки. Так, наприклад, культиватор для суцільного обробітку ґрунту КПС-4 має декілька модифікацій, які відрізняються одна від одної комплектом робочих органів, що встановлюються на машині, а в межах однієї модифікації різниця між марками культиватора полягає у способі з'єднання ґрунтообробної машини з трактором. Зазначена відмінність між марками культиватора однієї модифікації визначає особливості конструктивного виконання окремих елементів базової частини машини та характерні особливості технологічної наладки культиватора. Таким чином, комплектація культиваторів у межах однієї модифікації однаковими за призначенням і будовою робочими органами не є ознакою їхньої подібності як за конструктивним виконанням базової частини, так і за особливостями технологічної наладки. У зв'язку з цим ми можемо констатувати, що у процесі практичної підготовки майбутніх агрономів для засвоєння знань про конкретний зразок сільськогосподарської техніки неприпустимо організовувати пізнавальну роботу студентів з об'єктом пізнання, аналогічним за призначенням.

Висновок. Реалізація означених дидактичних умов у практичній підготовці майбутніх агрономів дала можливість підвищити ефективність оволодіння студентів знаннями, уміннями і навичками з механізації сільськогосподарського виробництва у вищому аграрному закладі освіти.

Список літератури

1. Архангельский С. И. Лекции по теории обучения в высшей школе / С. И. Архангельский. – М.: Высшая школа, 1974. – 384 с.
2. Бондар А. Д. Лабораторні і практичні роботи у вищій школі / А. Д. Бондар, Л. А. Ранська. – К.: Вища школа, 1977. – 80 с.
3. Блозва І. Й. Формування у студентів коледжу професійних вмінь і навичок в процесі вивчення предмету «Сільськогосподарські машини» : Дис. ... канд. пед. наук: 13.00.02 / І. Й. Блозва. – К., 2001. – 192 с.
4. Дьомін А. І. Розвиток пізнавальної діяльності учнів / А. І. Дьомін. – К.: Вища школа, 1976. – 90 с.
5. Зязюн І. А. Краса педагогічної дії / І. А. Зязюн, Г. М. Сагач. – К.: Українсько-фінський інститут менеджменту і бізнесу, 1997. – 302 с.
6. Зиновьев С. И. Учебный процесс в советской высшей школе / С. И. Зиновьев. – М.: Высшая школа, 1975. – 316 с.
7. Иванович К. А. Основы обучения и воспитания в сельскохозяйственных техникумах / К. А. Иванович. – М.: Гос. изд-во с.-х. лит., 1958. – 328 с.
8. Леонтьев А. Н. Потребности, мотивы, эмоции / А. Н. Леонтьев. – М.: Изд-во МГУ, 1971. – 40 с.
9. Манько В. М. Процес підготовки фахівців / Г. І. Подпрятков, В. М. Манько, П. Г. Лузан ; за ред. В. М. Манька. – К.: НАУ, 2003. – С. 157–276.
10. Основы педагогического мастерства : учеб. пособие для пед. спец. высш. учеб. заведений / И. А. Зязюн, И. Ф. Кривонос, Н. Н. Тарасевич и др. ; под ред. И. А. Зязюна. – М.: Просвещение, 1989. – 302 с.
11. Педагогика высшей школы / Под ред. Ю. К. Бабанского. – Ростов н/Д.: Изд-во Ростовского ун-та, 1972. – 124 с.
12. Педагогічна майстерність : підручник / І. А. Зязюн, Л. В. Крамущенко, І. Ф. Кривонос та ін. ; за ред. І. А. Зязюна. – К.: Вища школа, 1997. – 349 с.
13. Проблемы развития познавательной активности студентов / Под ред. Р. А. Низамова. – Казань: Изд-во Казанского ун-та, 1980. – 176 с.
14. Проверка и оценка знаний в высшей школе / Под. ред. Б. Г. Иоганзена и Н. И. Кувшинова. – Томск: Изд-во ТГУ, 1969. – 202 с.
15. Рябець В. І. Педагогічні умови удосконалення практичної підготовки молодших спеціалістів механіків сільськогосподарського виробництва в агротехнічному коледжі : Дис. ... канд. пед. наук: 13.00.04 / В. І. Рябець. – К., 1998. – 181 с.
16. Формування активності студентів у навчанні : монографія / П. Г. Лузан, А. І. Дьомін, В. І. Рябець. – К.: Вища школа, 1998. – 192 с.
17. Ярошенко П. Н. Лабораторно-практичні заняття з сільськогосподарських машин / П. Н. Ярошенко, Л. О. Ярошенко. – К.: Урожай, 1968. – 260 с.

References

1. Arkhanhel'skyy, S. Y. (1974). Lektsyy po teoryy obuchenyya v vysshey shkole [Lectures on the theory of learning in higher education]. M.: Vysshaya shkola, 384.
2. Bondar, A. D., Rans'ka, L. A. (1977). Laboratorni i praktychni roboty u vyshchii shkoli [Laboratory and practical work in high school]. K.: Vyshcha shkola, 80.
3. Blozva, I. Y. (2001). Formuvannya u studentiv koledzhu profesiynykh vmin' i navychok v protsesi vyvchennya predmetu "Sil's'kohospodars'ki mashyny [The formation of students professional skills in the process of studying the subject "Agricultural machines"] : Dys. ... kand. ped. nauk: 13.00.02. K., 192.
4. D'omin, A. I. (1976). Rozvytok piznaval'noyi diyal'nosti uchniv [The development of cognitive activity of students]. K.: Vyshcha shkola, 90.

5. *Zyazyun, I. A., Sahach, H. M. (1997). Krasa pedahohichnoyi diyi [The beauty of the pedagogical action]. K.: Ukrayins'ko-fins'kyi instytut menedzhmentu i biznesu, 302.*
6. *Zynov'ev, S. Y. (1975). Uchebnyy protsess v sovet'skoy vysshey shkole [The educational process in the Soviet higher school]. M.: Vysshaya shkola, 316.*
7. *Yvanovych, K. A. (1958). Osnovy obuchenyya y vospytannya v sel'skokhozyaystvennykh tekhnikumakh [The basics of training and education in agricultural colleges]. M.: Hos. yzd-vo s.-kh. lyt., 328.*
8. *Leont'ev, A. N. (1971). Potrebnosty, motyvy, emotsyy [Needs, motives, emotions]. M.: Yzd-vo MHU, 40.*
9. *Podpryatov, H. I., Man'ko, V. M., Luzan, P. H. (2003). Protses pidhotovky fakhivtsiv [The process of preparation fahft]. K.: NAU, 157–276.*
10. *Zyazyun, Y. A., Kryvonos, Y. F., Tarasevych, N. N. (1989). Osnovy pedahohycheskoho masterstva : ucheb. posobye dlya ped. spets. vyssh. ucheb. zavedenyy [Fundamentals of pedagogical skills]. M.: Prosveshchenye, 302.*
11. *Pedahohyka (1972). vysshey shkoly [Pedagogy of higher education]. Pod red. Yu. K. Babanskoho. – Rostov n/D.: Yzd-vo Rostovskoho un-ta, 124.*
12. *Pedahohichna maysternist' : pidruchnyk (1997). [Pedagogical skills : textbook]. I. A. Zyazyun, L. V. Kramushchenko, I. F. Kryvonos ta in. ; za red. I. A. Zyazyuna. K.: Vyshcha shkola, 349.*
13. *Problemy (1980). razvytyya poznavatel'noy aktyvnosti studentov [Problems of development of cognitive activity of students]. Pod red. R. A. Nyzamova. Kazan': Yzd-vo Kazanskoho un-ta, 176.*
14. *Proverka y otsenka znanny v vysshey shkole (1969). [Validation and estimation of knowledge in high school]. Pod. red. B. H. Yohanzena y N. Y. Kuvshynova. Tomsk: Yzd-vo THU, 202.*
15. *Ryabets', V. I. (1998). Pedahohichni umovy udoskonalennya praktychnoyi pidhotovky molodshykh spetsialistiv mekhanikiv sil'skohospodars'koho vyrobnytstva v ahrotekhnichnomu koledzhi [Pedagogical conditions of improvement of practical training of young specialists in mechanics of agricultural production in agro-technical College] : Dys. ... kand. ped. nauk: 13.00.04. K., 181.*
16. *Formuvannya aktyvnosti studentiv u navchanni : monohrafiya (1998). [The formation activity of students : monograph]. P. H. Luzan, A. I. D'omin, V. I. Ryabets'. K.: Vyshcha shkola, 192.*
17. *Yaroshenko, P. N., Yaroshenko, L. O. (1968). Laboratorno-praktychni zanyattya z sil'skohospodars'kykh mashyn [Laboratory and practical training on agricultural machinery]. K.: Urozhay, 260.*

ДИДАКТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ КАК ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ОСНОВЫ ПРАКТИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ БАКАЛАВРОВ ПО МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

А. А. Демин, И. А. Колосок

Аннотация. Рассмотрен комплекс важнейших дидактических условий, оптимально влияют на процессы формирования у будущих бакалавров во время практической подготовки профессиональных знаний, умений и навыков по механизации сельскохозяйственного производства. В частности, в результате изучения практического опыта и психолого-

педагогического анализа научных источников, в которых раскрываются подходы к практической подготовке студентов определены основные дидактические условия практической подготовки будущих специалистов образовательного-квалификационного уровня “бакалавр” по направлению подготовки “Агрономия” по механизации сельскохозяйственного производства. Такими дидактическими условиями являются: организация овладения будущими агрономами необходимыми познавательными умениями и навыками для усвоения знаний о сельскохозяйственную технику в натуральном виде, организация непрерывного контроля знаний как средства привлечения студентов к систематической учебной деятельности, создание в процессе практической подготовки учебных ситуаций, способствующих возникновению у будущих агрономов стенических эмоций положительной модальности, организация управления зрительным восприятием студентов для формирования у них правильных образных представлений, необходимых в будущей профессиональной деятельности, применения на лабораторных занятиях и учебной практике адекватных учебным целям форм организации труда студентов, обеспечение адекватности учебно-материальной базы содержания практической подготовки.

Ключевые слова: дидактические условия, зрительное восприятие, контроль знаний, объект познания, практическая подготовка, познавательные умения и навыки, положительные эмоции

DIDACTIC CONDITIONS AS THEORETICAL BASES OF PRACTICAL TRAINING OF BACHELORS IN MECHANIZATION OF AGRICULTURAL PRODUCTION

O. A. Djomin, I. O. Kolosok

Abstract. Considered the most important complex of didactic conditions, optimally influence the processes of formation of future bachelors on how to prepare professional knowledge and skills for the mechanization of agricultural production. In particular, a study of practical experience and psychological-pedagogical analysis of scientific sources, which covers the approaches to the practical training of the students identified the main didactic conditions of practical training of future specialists of educational-qualification level “Bachelor” training direction “Agronomy” mechanization of agricultural production. Such educational conditions are: the organization of mastering future agronomists necessary cognitive skills for learning about agricultural technique in its natural form, the organization of continuous control of knowledge as a means of attracting students to systematic learning activities, creating in

the process of practical training situations, facilitating the emergence of future agronomists scenicheskikh emotions positive modality, management of the visual perception of students to form the right shaped perceptions necessary in their future professional activity, the use of laboratory exercises and training practices, adequate training objectives forms of work organization of students, adequacy of training material base of the content of practical training.

Key words: *didactic conditions, visual perception, control of knowledge, object of knowledge, practical training, cognitive skills, positive emotions*

УДК 631.354.3

ЛАБОРАТОРНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ОБЧІСУВАННЯ НАСІННЄВОГО ВОРОХУ ЛЮЦЕРНИ

**В. О. Соломка, О. В. Соломка, кандидати технічних наук
e-mail: qs2002@ua.fm**

Анотація. *Наведені результати лабораторних досліджень якості роботи обчисувального пристрою, визначені його раціональні параметри в залежності від фізико-механічних властивостей насіннєвого вороху люцерни.*

При обчисуванні насіннєвого вороху люцерни еластичними лопатями розрив головного стебла практично не відбувається, а бокові пагони при високій кутовій швидкості обертання роторів будуть частково обриватись. Якщо лопаті пари роторів, які обертаються з кутовою швидкістю більшою за 85 c^{-1} діють на стебла одночасно, то зусилля обчисування перевищують середнє значення зусилля відриву бокових пагонів головного стебла, що призводить до їх обривання. При послідовній дії лопатей цього не відбувається навіть при максимальній кутовій швидкості обертання роторів. Слід також відмітити, що збільшення кутової швидкості обертання роторів вище 75 c^{-1} при одночасній дії на рослини лопатей пари роторів призводить до більш інтенсивного зростання розривних зусиль в стеблах, ніж при послідовній. Це пояснюється ефектом защемлення стебел між лопатями.

Вологість рослинної маси також суттєво впливає на якість обчисування насіннєвого вороху. При низькій вологості (до 15%) в процесі обчисування виникає часткове обламування стебел, що

© В. О. Соломка, О. В. Соломка, 2016

the process of practical training situations, facilitating the emergence of future agronomists scenicheskikh emotions positive modality, management of the visual perception of students to form the right shaped perceptions necessary in their future professional activity, the use of laboratory exercises and training practices, adequate training objectives forms of work organization of students, adequacy of training material base of the content of practical training.

Key words: *didactic conditions, visual perception, control of knowledge, object of knowledge, practical training, cognitive skills, positive emotions*

УДК 631.354.3

ЛАБОРАТОРНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ОБЧІСУВАННЯ НАСІННЄВОГО ВОРОХУ ЛЮЦЕРНИ

**В. О. Соломка, О. В. Соломка, кандидати технічних наук
e-mail: qs2002@ua.fm**

Анотація. *Наведені результати лабораторних досліджень якості роботи обчисувального пристрою, визначені його раціональні параметри в залежності від фізико-механічних властивостей насіннєвого вороху люцерни.*

При обчисуванні насіннєвого вороху люцерни еластичними лопатями розрив головного стебла практично не відбувається, а бокові пагони при високій кутовій швидкості обертання роторів будуть частково обриватись. Якщо лопаті пари роторів, які обертаються з кутовою швидкістю більшою за 85 c^{-1} діють на стебла одночасно, то зусилля обчисування перевищують середнє значення зусилля відриву бокових пагонів головного стебла, що призводить до їх обривання. При послідовній дії лопатей цього не відбувається навіть при максимальній кутовій швидкості обертання роторів. Слід також відмітити, що збільшення кутової швидкості обертання роторів вище 75 c^{-1} при одночасній дії на рослини лопатей пари роторів призводить до більш інтенсивного зростання розривних зусиль в стеблах, ніж при послідовній. Це пояснюється ефектом защемлення стебел між лопатями.

Вологість рослинної маси також суттєво впливає на якість обчисування насіннєвого вороху. При низькій вологості (до 15%) в процесі обчисування виникає часткове обламування стебел, що

© В. О. Соломка, О. В. Соломка, 2016

пояснюється їх крихкістю (ламкістю). Це призводить до засмічення насіннєвого вороху частками стебел та пагонів і негативно впливає на завантаження машин стаціонарного пункту обробки урожаю. Але на практиці така вологість рослинної маси під час збирання люцерни на насіння зустрічається досить рідко, крім того, насіннєвий ворох при низькій вологості відділяється від стебел без особливих проблем, що дозволяє застосовувати "м'які" режими роботи обчісувального пристрою і не погіршувати фракційний склад обчесаного вороху.

Ключові слова: *люцерна, насіннєвий ворох, вологість, обчісування, ротор, лопаті*

Постановка проблеми. Складність технологічного процесу збирання насіннєвого вороху люцерни з обчісуванням його з рослинної маси на корені не дозволила аналітичним шляхом повністю визначити раціональні конструктивні параметри та оптимальні режими роботи збирального агрегату. Це обумовило необхідність проведення комплексу лабораторних та польових експериментальних досліджень. В лабораторних умовах дослідили роботу обчісувальних робочих органів, встановили їх основні параметри і режими роботи, попередні значення яких (межі варіювання) визначили аналітичним шляхом. Також дослідили траєкторії руху складових вороху після їх сходження з обчісувальних робочих органів роторів та визначили енергетичні затрати, необхідні для обчісування рослинної маси. Показники, одержані в результаті аналітичних та лабораторних досліджень, перевірили і уточнили в польових умовах, а також провели комплексну оцінку якості виконання технологічного процесу збирання насіння люцерни в цілому. На основі цього були сформульовані основні вимоги до обчісувального робочого органу, що дозволить якісно і без втрат зібрати насіння люцерни незалежно від погодних умов.

Аналіз останніх досліджень. Програмою лабораторних досліджень передбачалося: встановити параметри та режими роботи обчісувального пристрою, які забезпечать максимальне виділення насіннєвого вороху з рослинної маси без травмування насіння і обриву стебел; визначити зусилля, що виникають в стеблах рослин внаслідок їх обчісування відповідними типами робочих органів на різних режимах роботи; визначити енергетичні затрати на процес обчісування насіннєвого вороху люцерни; дослідити траєкторії руху складових насіннєвого вороху після їх сходження з робочих органів обчісувальних роторів і на їх основі обґрунтувати розміри та оптимальну форму приймальних патрубків пневмотранспортера.

Мета досліджень – встановити раціональні межі варіювання факторів і визначити розміри та оптимальну форму обчісувальних пристроїв для збирання насіннєвого вороху люцерни.

Для цього необхідно вирішити наступні задачі: вибрати тип робочих органів обчісувальних роторів; визначити кількість та характер їх розміщення на поверхні роторів; обґрунтувати параметри роторів та робочих органів; встановити раціональні режими роботи обчісувального пристрою; дослідити траєкторії руху складових насіннєвого вороху після їх сходження з робочих органів роторів; визначити зусилля, що виникають в кореневих шийках стебел при обчісуванні з них насіннєвого вороху; встановити потужність, що витрачається на обчісування насіннєвого вороху люцерни.

Результати досліджень. Лабораторні дослідження проведені з використанням стандартного обладнання та приладів, а також спеціально розроблених пристроїв за методикою, що враховує особливості процесу та досліджуваної культури.

Враховуючи складність процесу обчісування насіннєвого вороху та значну кількість факторів, що впливають на якість його виконання, провели серію пошукових експериментів, метою яких було встановити оптимальні межі варіювання факторів і визначити та відсіяти фактори, які несуттєво впливають на якість виконання процесу. Для цього використали стандартну схему проведення однофакторного експерименту [5].

Експериментальні дослідження проводили на лабораторному стенді (рис. 1), що складається з опорної рами 1, на якій закріплено поворотну рамку 2 з парою роторів 3. На кожному роторі передбачена можливість встановлення змінних робочих органів: пальців, лопатей, щіток. Ротори обертаються в зустрічних напрямках ланцюговою передачею від двигуна постійного струму 4 з можливістю сенсорного регулювання частоти обертання. Конструкція стенду дозволяє також змінювати відстань між осями обертання роторів, кут нахилу роторів до горизонтальної площини та висоту їх розміщення. Для подачі рослинної маси до робочих органів роторів використали ланцюговий транспортер 5 з затискачами 6 для закріплення пучків стебел рослин люцерни. Траєкторії руху насіннєвої маси після сходження з лопатей фіксувались на екрані 7.

Ланцюговий транспортер виконував роль рухомого поля, на якому моделювали характер розміщення кущів люцерни в рядку. Густина встановлення затискачів на ланцюгу транспортера становить 6...7 шт/м, що відповідає середній гущині кущів люцерни в рядку на полі. Довжина ланцюгового транспортера – 10 м.

В конструкції транспортера передбачили можливість визначення зусиль, що виникають в стеблах при обчісуванні з них

насінневого вороху. Для цього, один з затискачів транспортера обладнали рухомими повзунами з реохордним датчиком тиску, попередньо відтарованим на зусилля в діапазоні від 10Н до 150Н і з'єднаним з самописцем. Контроль точності вимірювання зусиль та тарування датчика виконували динамографом малих зусиль Д-10.

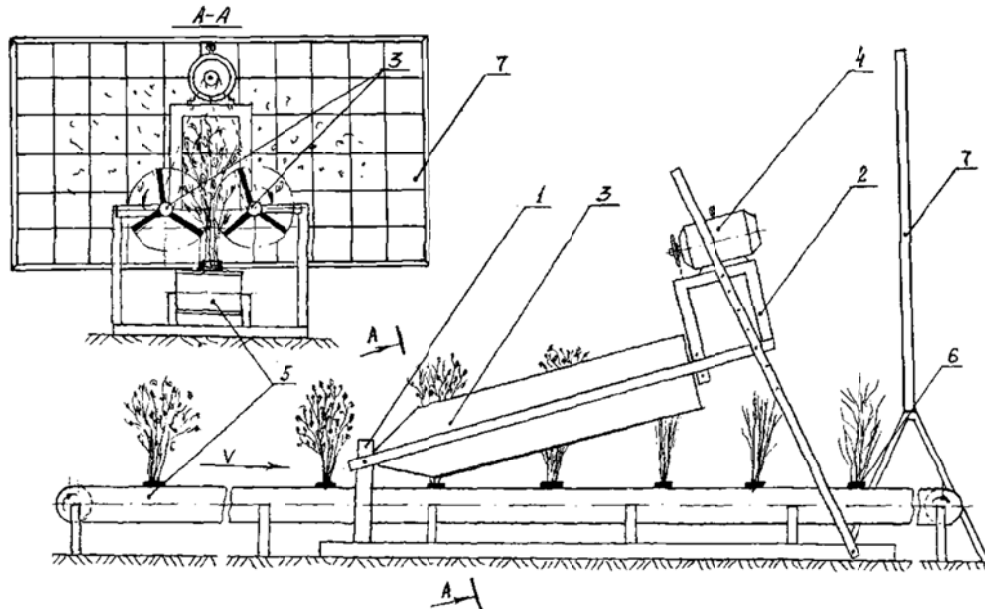


Рис. 1. Схема лабораторного стану для дослідження процесу обчисування насінневого вороху люцерни.

Привід транспортера здійснювався від електродвигуна змінного струму через варіатор, що дозволило плавно регулювати швидкість переміщення ланцюга з затискачами відносно обчисувальних роторів в межах від 0,15 м/с до 2,1 м/с. Така швидкість переміщення відповідає поступальній швидкості руху трактора ЮМЗ-6Л на I...V знижених та на I підвищеній передачах.

Пара обчисувальних роторів закріплена на поворотній рамці з можливістю зміни кута нахилу осей роторів до горизонту α в межах від 0° до 90° , зміни висоти розміщення осей роторів відносно затискачів ланцюга транспортера h від 0 до 500 мм та зміни міжосьової відстані роторів Z (зазору) від 200 до 300 мм. Для досліджень використовували змінні ротори, на яких встановили щітки з поліетиленовими пальцями діаметром 4,5 мм; пружинні жорсткі пальці довжиною 120...150 мм, розміщені в рядах і в шахматному порядку; шарнірно закріплені жорсткі лопаті і радіальні еластичні лопаті з жорстким защемленням однієї сторони (рис. 2). Все це дозволило дослідити в широких межах вплив різноманітних факторів на якість обчисування насінневого вороху.

Порядок проведення дослідів, їх кількість та рівні варіювання факторів визначали за матрицею планування факторного експерименту, на основі якої склали робочу таблицю проведення

досліджень [1]. В процесі проведення досліджень незмінними прийняли наступні фактори: висота продуктивних і вегетативних стебел та їх кількість в куші; кількість кушів на погонному метрі рядка (ланцюга транспортера); зона розміщення бобів з насінням по висоті стебел. Ці фактори визначались середнім значенням для ділянки поля, з якої відбирали рослини для досліджень і вплив їх варіювання на якість обчисування насіннєвого вороху не враховували. Довжину роторів з конструктивних міркувань прийняли рівною $L_p = 0,8$ м і в процесі досліджень не змінювали. Максимальні діаметри обчисувальних роторів та їх міжосьова відстань обмежені умовою необхідності розміщення пари роторів між сусідніми рядками рослин. При ширині міжрядь $B = 0,6$ м діаметр кожного ротора не повинен перевищувати 0,3 м. Висоту розміщення осей роторів встановлювали в залежності від середньої висоти рослинної маси, виходячи з умови забезпечення повного прочісування зони розміщення бобів з насінням по висоті.

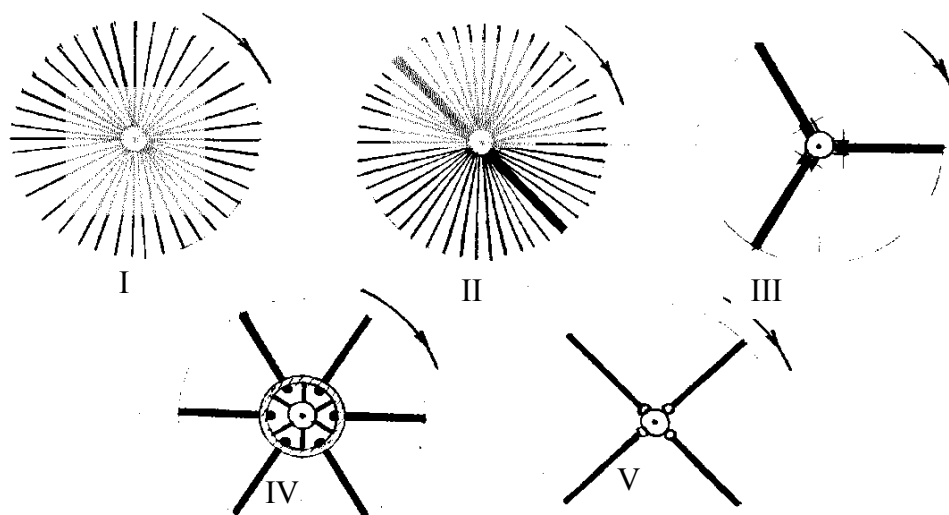


Рис. 2. Типи робочих органів обчисувальних роторів, що використовувалися в лабораторних дослідженнях: I – капронова щітка; II – комбінація щітки з еластичними лопатнями; III – еластичні лопаті; IV – жорсткі пальці з еластичним закріпленням; V – жорсткі шарнірні лопаті.

Змінювали при дослідженнях наступні фактори: поступальну швидкість ланцюга транспортера V ; кутову швидкість обертання роторів ω ; кут нахилу осей роторів до горизонтальної площини α ; вологість рослинної маси W ; тип, розміри та характер розміщення обчисувальних робочих органів на поверхні роторів K (якісний фактор). Математичну модель, що відображає взаємозв'язок між факторами, вибираємо за величиною залишкової дисперсії,

максимальному та мініимальному значенню критерію оптимізації, які розраховували на обчислювальній машині [5].

Найбільш прийнятна модель для нашого випадку має вигляд:

$$y = \exp(b_0 + \sum_{i=1}^n b_i x_i + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n b_{ij} x_i x_j),$$

де: b_i , b_j , b_{ij} – відповідні коефіцієнти регресії.

З врахуванням конкретних значимих факторів вираз запишемо:

$$y = \exp(b_0 + b_1 \omega + b_2 V_m + b_3 k + b_{11} \omega^2 + b_{12} \omega V_m + b_{13} \omega k + b_{22} V_m^2 + b_{23} V_m k + b_{33} k^2).$$

Для оптимізації процесу за математичною моделлю необхідно по значенням коефіцієнтів регресії знайти такі комбінації факторів, які забезпечать мінімум коефіцієнта неоднорідності, визначеного методом найменших квадратів:

$$s = \sum_{i=1}^n (y_i - y_e)^2 \Rightarrow \min,$$

де: y_i – експериментальне значення критерію оптимізації.

Вивчення характеру взаємодії робочих органів обчисувальних роторів з рослинною масою та визначення траєкторій руху складових насінневого вороху на різних режимах роботи лабораторного стенду здійснювали шляхом спостереження за процесом за допомогою стробоскопу СШ-1 згідно з інструкцією по його використанню, а основні фрагменти фіксували на кіноплівці швидкісною кінокамерою СК-1 на фоні масштабних екранів в двох взаємно перпендикулярних вертикальних площинах [4].

Частоту обертання валів транспортера та роторів визначали тахометром годинникового типу СК-751, а лінійні величини підраховували за відомими формулами [3] і контролювали секундоміром. В процесі проведення пошукових досліджень встановлено, що зміна кута α нахилу осей роторів до горизонтальної площини в межах від 0° до 45° суттєво не впливає на якість обчисування, особливо при малих швидкостях подачі матеріалу V . Лопаті пари роторів доцільно встановити таким чином, щоб вони діяли на рослини одночасно з обох боків рядка, що дозволить збільшити інтенсивність обчисування стебел. Але при цьому зростуть розривні та висмикувальні зусилля, що діють на рослини (рис. 3). Кращу якість як по повноті обчисування насіння, так і за складом вороху отримали при встановленні на роторах еластичних лопатей, для визначення раціональних параметрів яких необхідно провести додаткові дослідження. Кількість лопатей на кожному роторі при частоті їх обертання вище 75 с^{-1} суттєво не впливає на якість обчисування насіння, тому для подальших досліджень приймаємо $k = 3$. При обчисуванні насінневого вороху люцерни еластичними лопатями, як видно із рис. 3, розрив

головного стебла практично не відбувається, а бокові пагони при високій кутовій швидкості обертання роторів будуть частково обриватись. Якщо лопаті пари роторів, які обертаються з кутовою швидкістю більшою за 85 с^{-1} діють на стебла одночасно, то зусилля обчісування перевищують середнє значення зусилля відриву бокових пагонів головного стебла, що призводить до їх обривання. При послідовній дії лопатей цього не відбувається навіть при максимальній кутовій швидкості обертання роторів. Слід також відмітити, що збільшення кутової швидкості обертання роторів вище 75 с^{-1} при одночасній дії на рослини лопатей пари роторів призводить до більш інтенсивного зростання розривних зусиль в стеблах, ніж при послідовній. Це пояснюється ефектом защемлення стебел між лопатями.

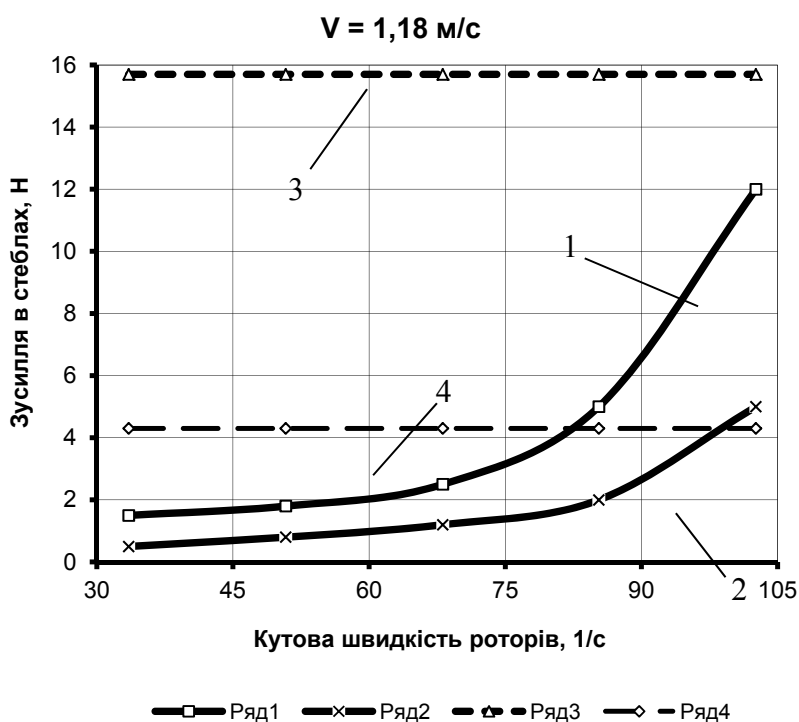


Рис. 3. Залежність зусиль, що виникають в стеблах при обчісуванні від швидкості обертання роторів: ряд 1 – при одночасній дії лопатей пари роторів; ряд 2 – при почерговій дії лопатей; ряд 3 – середнє значення зусилля розриву головного стебла; ряд 4 – середнє значення зусилля відриву пагонів.

Вологість рослинної маси також суттєво впливає на якість обчісування насінневого вороху. При низькій вологості (до 15%) в процесі обчісування виникає часткове обламування стебел, що пояснюється їх крихкістю (ламкістю). Це призводить до засмічення насінневого вороху частками стебел та пагонів і негативно впливає на завантаження машин стаціонарного пункту обробки урожаю. Але

на практиці така вологість рослинної маси під час збирання люцерни на насіння зустрічається досить рідко, крім того, насіннєвий ворох при низькій вологості відділяється від стебел без особливих проблем, що дозволяє застосовувати "м'які" режими роботи обчисувального пристрою і не погіршувати фракційний склад обчесаного вороху.

Висновок. Дослідження фізико-механічних та агротехнологічних властивостей люцерни, що вирощується на насіння, підтвердили можливість застосування методу обчисування без пошкодження кореневої системи рослин і дозволили обґрунтувати принципову компоновочну та конструктивно-технологічну схеми обчисувального пристрою, а також визначити його основні параметри та режими роботи. Насіннєвий ворох люцерни доцільно збирати роторним обчисувальним пристроєм рядного типу з еластичними лопатями, що підвищує продуктивність збирального агрегату та покращує якість зібраного вороху.

Список літератури

1. Завалишин Ф. С. Основы расчета механизированных процессов в растениеводстве / Ф. С. Завалишин. – М.: Колос, 1973. – 319 с.
2. Высоцкий А. А. Динамометрирование сельскохозяйственных машин / А. А. Высоцкий. – М.: Машиностроение, 1968. – 290 с.
3. Вольф В. Г. Статистическая обработка опытных данных / В. Г. Вольф. – М.: Колос, 1966. – 255 с.
4. Веденяпин Г. В. Общая методика экспериментального исследования и обработка опытных данных / Г. В. Веденяпин. – М.: Колос, 1973. – 194 с.
5. Адлер Ю. П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю. П. Адлер, Е. В. Маркова, Ю. В. Грановский. – М.: Наука, 1979. – 279 с.

References

1. Zavalysyn, F. S. (1973). Osnovy rascheta mekhanyzyrovannykh protsessov v rastenyevodstve [The basis of the calculation of mechanized processes in crop production]. M.: Kolos, 319.
2. Vysotsky, A. A. (1968). Dynamometryrovanye sel'skokhozyaystvennykh mashyn [Dynamometrical agricultural machinery]. M.: Mashynostroenye, 290.
3. Vol'f, V. H. (1966). Statysticheskaya obrabotka opytnykh dannykh [Statistical processing of experimental data]. M.: Kolos, 255.
4. Vedenypyn, H. V. (1973). Obshchaya metodyka eksperymental'noho yssledovanyya y obrabotka opytnykh dannykh [General methodology of experimental research and processing of experimental data]. M.: Kolos, 194.
5. Adler, Yu. P., Markova, E. V., Hranovskyy, Yu. V. (1979). Planyrovanye eksperymenta pry poyske optymal'nykh uslovyu [Planning of experiment when searching optimal conditions]. M.: Nauka, 279.

ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ОБЧЕСЫВАНИЯ СЕМЕННОГО ВОРОХА ЛЮЦЕРНЫ

В. А. Соломка, А. В. Соломка

Аннотация. Приведены результаты лабораторных исследований качества работы обчисувального устройства,

определены его рациональные параметры в зависимости от физико-механических свойств семенного вороха люцерны.

При обчисуванні семенного вороха люцерны эластичними лопастями разрыв главного стебля практически не происходит, а боковые побеги при высокой угловой скорости вращения роторов будут частично обрываться. Если лопасти пары роторов, которые вращаются с угловой скоростью большей, чем 85 с^{-1} действуют на стебли одновременно, то усилия обчесывания превышают среднее значение усилия отрыва боковых побегов главного стебля, что приводит к их обрыву. При последовательной действия лопастей этого не происходит даже при максимальной угловой скорости вращения роторов. Следует также отметить, что увеличение угловой скорости вращения роторов выше 75 с^{-1} при одновременном действии на растения лопастей пары роторов приводит к более интенсивному росту разрывных усилий в стеблях, чем при последовательной. Это объясняется эффектом защемления стеблей между лопастями.

Влажность растительной массы также существенно влияет на качество обчесывания семенного вороха. При низкой влажности (до 15%) в процессе обчесывания возникает частичное обламывание стеблей, что объясняется их хрупкостью (ломкостью). Это приводит к засорению семенного вороха частицами стеблей и побегов и отрицательно влияет на загрузку машин стационарного пункта обработки урожая. Но на практике такая влажность растительной массы во время уборки люцерны на семена встречается довольно редко, кроме того, семенной ворох при низкой влажности отделяется от стеблей без особых проблем, что позволяет применять мягкие режимы работы обчисувального устройства и не ухудшать фракционный состав обчесаного вороха.

Ключевые слова: люцерна, семенной ворох, влажность, обчесывания, ротор, лопасти

LABORATORY RESEARCH OF OCCUPANCY SEED LOTS OF ALFALFA

V. O. Solomka, O. V. Solomka

Abstract. The results of laboratory researches of quality of work of the device, determined by its rational parameters depending on the physico-mechanical properties of seed lots of alfalfa.

When obcan seed lots of alfalfa elastic blades rupture the main stem hardly occurs, and the side shoots at a high angular velocity of rotation of the rotors will be partially cut off. If the blades of a pair of rotors that rotate with an angular velocity greater than 85 sec^{-1} act on the

stems at the same time, the efforts of occupancy higher than the average breakout force side shoots of the main stem, which leads to their breakage. Consistent with the action of the blades this does not occur, even at maximum angular speed of the rotors. It should also be noted that increasing the angular velocity of rotation of the rotors above 75 sec^{-1} , with simultaneous action on plants of the blades of a pair of rotors leads to a more intensive growth of discontinuous efforts in the stems than in serial. This is due to the effect of pinching the stems between the blades.

Moisture content of plant mass significantly affects the quality of occupancy seed lots. At low humidity (15%) in the process of occupancy there is a partial breaking of the stalks, because of their fragility (brittleness). This causes blocking of the seed lots of the particles of stalks and shoots and adversely affects the loading of cars of a stationary processing of the crop. But in practice the moisture content of the crop during the harvest of alfalfa for seed is quite rare, moreover, seed lots with low humidity separated from the stalks without any problems, allowing you to use soft modes of the device and not to impair fractional composition of the heap.

Key words: alfalfa, seed pile, humidity, occupancy, rotor, blades

УДК 631.356.22

ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНО-КІНЕМАТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ШНЕКОВОГО КОНВЕЄРА ГИЧКОЗБИРАЛЬНОГО МОДУЛЯ

I. М. Сторожук, аспірантка*
e-mail: 8455865@ukr.net

Анотація. У статті наведено вирішення актуальної задачі підвищення технологічних показників роботи машин для збирання коренеплодів кормових буряків шляхом удосконалення гичкозбирального модуля та обґрунтування параметрів шнекового конвеєра. На основі аналізу теоретичних досліджень технологічного процесу збирання гички кормових буряків гичкозбиральним модулем розроблено математичну модель, яка характеризує взаємозв'язок розрахункової продуктивності шнекового конвеєра та секундної подачі подрібнених рослинних

*Науковий керівник – кандидат технічних наук В. Б. Онищенко

© I. М. Сторожук, 2016

stems at the same time, the efforts of occupancy higher than the average breakout force side shoots of the main stem, which leads to their breakage. Consistent with the action of the blades this does not occur, even at maximum angular speed of the rotors. It should also be noted that increasing the angular velocity of rotation of the rotors above 75 sec^{-1} , with simultaneous action on plants of the blades of a pair of rotors leads to a more intensive growth of discontinuous efforts in the stems than in serial. This is due to the effect of pinching the stems between the blades.

Moisture content of plant mass significantly affects the quality of occupancy seed lots. At low humidity (15%) in the process of occupancy there is a partial breaking of the stalks, because of their fragility (brittleness). This causes blocking of the seed lots of the particles of stalks and shoots and adversely affects the loading of cars of a stationary processing of the crop. But in practice the moisture content of the crop during the harvest of alfalfa for seed is quite rare, moreover, seed lots with low humidity separated from the stalks without any problems, allowing you to use soft modes of the device and not to impair fractional composition of the heap.

Key words: alfalfa, seed pile, humidity, occupancy, rotor, blades

УДК 631.356.22

ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНО-КІНЕМАТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ШНЕКОВОГО КОНВЕЄРА ГИЧКОЗБИРАЛЬНОГО МОДУЛЯ

I. М. Сторожук, аспірантка*
e-mail: 8455865@ukr.net

Анотація. У статті наведено вирішення актуальної задачі підвищення технологічних показників роботи машин для збирання коренеплодів кормових буряків шляхом удосконалення гичкозбирального модуля та обґрунтування параметрів шнекового конвеєра. На основі аналізу теоретичних досліджень технологічного процесу збирання гички кормових буряків гичкозбиральним модулем розроблено математичну модель, яка характеризує взаємозв'язок розрахункової продуктивності шнекового конвеєра та секундної подачі подрібнених рослинних

*Науковий керівник – кандидат технічних наук В. Б. Онищенко

© I. М. Сторожук, 2016

решток роторним гичкорізом. Визначено межі зміни кутової швидкості та діаметра гвинтового конвеєра з умови забезпечення розрахункової продуктивності гичкозбирального модуля. Одержано емпіричну модель у вигляді рівняння регресії, яка функціонально описує зміну продуктивності шнекового конвеєра залежно від параметрів процесу.

Ключові слова: *гичка, модуль, швидкість руху модуля, ротор, шнековий конвеєр, продуктивність, діаметр шнека*

Постановка проблеми. У більшості випадків гичку коренеплодів буряків збирають двостадійним способом, який виконується робочими органами гичкозбирального модуля у складі коренезбиральної машини за однофазного способу збирання коренеплодів [1, с. 69].

Для підвищення агротехнічних показників якості роботи однофазних машин, які призначені для збирання кормових буряків, нами на основі винаходів було розроблено модернізований гичкозбиральний модуль [2, с. 1–4; 3, с. 1–4], де шнековий конвеєр виконано з перемінним кроком, при цьому пасивний пластинчатий копір дообрізника залишків гички встановлено на демпферному пристрої, а ніж виконано підпружиненим.

Основні конструктивно-кінематичні параметри шнекового конвеєра та їх взаємозв'язок регламентований критеріями значень основних показників технологічної стабільності роботи гичкозбирального модуля [4, с. 35–41].

При цьому пріоритетним показником є технологічна пропускна здатність шнекового конвеєра, яка визначає не тільки його необхідну розрахункову продуктивність, але і, в кінцевому випадку, продуктивність коренезбиральної машини загалом.

Аналіз останніх досліджень. Аналіз результатів відомих праць [4, с. 142–151; 5, с. 186–197; 6, с. 342–351] показав, що одержані результати наукових досліджень продуктивності шнекових конвеєрів описують тільки загальні кінематико-динамічні аспекти переміщення та транспортування матеріалів і не враховують агротехнологічні умови роботи гичкозбиральних модулів – урожайність гички, швидкість руху модуля, або коренезбиральної машини тощо. Окрім того запропонована конструкція гичкозбирального модуля має власні відмінні властивості, що і зумовило проведення даних досліджень.

Метою досліджень є підвищення технологічної ефективності роботи гичкозбиральних модулів шляхом обґрунтування конструктивно-кінематичних параметрів і режимів роботи шнекових конвеєрів. Обґрунтування конструктивно-кінематичних параметрів шнекового конвеєра проведено на основі моделювання та

формалізації технологічного процесу збирання гички кормових буряків гичкозбиральним модулем шляхом розробки детермінованої математичної моделі транспортування зрізаної та подрібненої гички коренеплодів кормових буряків і бур'янів шнековим конвеєром.

Результати досліджень. Нами на основі проведеного теоретичного аналізу технологічного процесу збирання гички було розроблено детерміновану математичну модель, яка характеризує умову оптимального (раціонального) функціонування гичкозбирального модуля залежно від конструктивно-кінематичних параметрів шнекового конвеєра та технологічних умов роботи гичкозбирального модуля [7, с. 163–164]:

$$\frac{1}{4\pi} D(a_o + b_o)(Dt\alpha - \delta_v)\rho_v k_a k_y \times \left(\frac{2\psi'_n D^2(a_o + b_o)t\alpha}{\pi d^2 Dt\alpha + \delta_v z_k (D^2 - d^2) \cos \arctg \frac{2\pi Dt\alpha}{D+d}} - \lambda_c \right) \frac{d\varphi_k}{dt} \geq \frac{dS_n}{dt} b_k N_p (k_U U_g + k_M M_b) \quad , (1)$$

де: D – діаметр гвинтового конвеєра, м; a_o , b_o – розмірні параметри жолоба шнекового конвеєра, м; $\alpha = 0,5\pi - \alpha_k$ – кут підйому гвинтової лінії останнього напірного витка шнекового конвеєра, град.; α_k – кут тертя ковзання матеріалу (подрібнених рослинних решток) по гвинтовій поверхні витка шнекового конвеєра, град.; δ_v – товщина останнього витка шнекового конвеєра, м; ρ_v – об'ємна маса вантажу, або подрібнених рослинних решток, кг/м³; k_a , k_y – відповідно, коефіцієнт, який показують ступінь впливу кута підйому гвинтової лінії α по середньому радіусу останнього витка шнекового конвеєра та коефіцієнт ущільнення подрібнених рослинних решток витками шнекового конвеєра; ψ'_n – загальний коефіцієнт заповнення об'єму робочого русла жолоба; d – діаметр труби шнекового конвеєра, м; z_k – кількість заходів шнекового конвеєра, шт.; λ_c – коефіцієнта, який враховує «витік» маси матеріалу через зазори; φ_k – кут повороту шнекового конвеєра, рад.; S_n – шлях, який пройде модуль за час, м; b_k – ширина міжряддя, м; N_p – кількість рядків, які збираються одночасно, шт.; k_U – загальний коефіцієнт втрат гички коренеплодів; U_g – урожайність гички коренеплодів, кг/м²; k_M – коефіцієнт втрат бур'янів; M_b – питома маса бур'янів, кг/м².

Нерівність (1) регламентує функціональну залежність взаємозв'язку розрахункової продуктивності шнекового конвеєра Q_k (кг/с) та секундної подачі W_z (кг/с) зрізаних і подрібнених роторним гичкорізом рослинних решток від конструктивно-кінематичних

параметрів робочих органів і умов роботи гичкозбирального модуля.

Якщо прийняти значення коефіцієнта втрат гички k_U та втрат бур'янів k_M максимальними і рівними між собою з технологічних міркувань та враховуючи, що $a_o + b_o = -4c_k \operatorname{tg} \beta \pm 2\sqrt{[(D + 2c_k) \operatorname{tg} \beta]^2 + (4D + 8c_k)^2}$, $k_U = k_M = 0,82$, умову (1) можна записати у остаточному вигляді:

$$\begin{aligned} & \frac{1}{2\pi} D \omega_k \left(-2c_k \operatorname{tg} \beta + \sqrt{(D + 2c_k)^2 \operatorname{tg}^2 \beta + (4D + 8c_k)^2} \right) (D \operatorname{tg} \alpha - \delta_v) \times \\ & \times \rho_v k_a k_y \left(\frac{4\psi'_n D^2 \left(-2c_k \operatorname{tg} \beta + \sqrt{(D + 2c_k)^2 \operatorname{tg}^2 \beta + (4D + 8c_k)^2} \right) \operatorname{tg} \alpha}{\pi d^2 D \operatorname{tg} \alpha + \delta_v z_k (D^2 - d^2) \cos \arctg \frac{2\pi D \operatorname{tg} \alpha}{D + d}} - \lambda_c \right) \geq \cdot \quad (2) \\ & \geq 0,82 V_M b_k N_p (U_g + 0,1) \end{aligned}$$

Тоді розрахункова продуктивність шнекового конвеєра Q_k і секундна подача W_z зрізаних і подрібнених рослинних решток роторним гичкорізом, які транспортуються ним до шнекового конвеєра, будуть визначаються, відповідно, за залежністю:

$$\begin{aligned} Q_k &= \frac{1}{2\pi} D \omega_k \left(-2c_k \operatorname{tg} \beta + \sqrt{(D + 2c_k)^2 \operatorname{tg}^2 \beta + (4D + 8c_k)^2} \right) (D \operatorname{tg} \alpha - \delta_v) \times \\ & \times \rho_v k_a k_y \left(\frac{4\psi'_n D^2 \operatorname{tg} \alpha \left(-2c_k \operatorname{tg} \beta + \sqrt{(D + 2c_k)^2 \operatorname{tg}^2 \beta + (4D + 8c_k)^2} \right)}{\pi d^2 D \operatorname{tg} \alpha + \delta_v z_k (D^2 - d^2) \cos \arctg \frac{2\pi D \operatorname{tg} \alpha}{D + d}} - \lambda_c \right) ; \quad (3) \\ W_z &= 0,82 V_M b_k N_p (U_g + 0,1). \quad (4) \end{aligned}$$

Обґрунтування основних конструктивно-кінематичних параметрів шнекового конвеєра проведемо у наступній послідовності. 1. Визначимо реальну секундну подачу рослинних решток W_z роторним гичкорізом до шнекового конвеєра, при цьому W_z буде регламентувати необхідні межі зміни розрахункової продуктивності шнекового конвеєра Q_k , яка забезпечуватиме W_z .

За початкових умов $b_k = 0,45$ м, $N = 6$ шт., $U_g = 15 \dots 25$ кг/м² за формулою (3) побудовано залежність зміни секундної подачі зрізаних і подрібнених рослинних решток роторним гичкорізом до шнекового конвеєра у вигляді функціонала $W_z = f(V_M, U_g)$, рис. 1 та $W_z = f(V_M)$. На основі аналізу графічних побудов (рис. 1) встановлено, що у межах зміни швидкості руху гичкозбирального модуля $2,0 \leq V_M \leq 4,0$ м/с та питомої маси гички $15 \leq U_g \leq 25$ кг/м² за одночасного збирання кормових буряків з 6 рядків, секундна подача зрізаних і подрібнених рослинних решток W_z до шнекового конвеєра зростає та знаходиться в межах 60...220 кг/с.

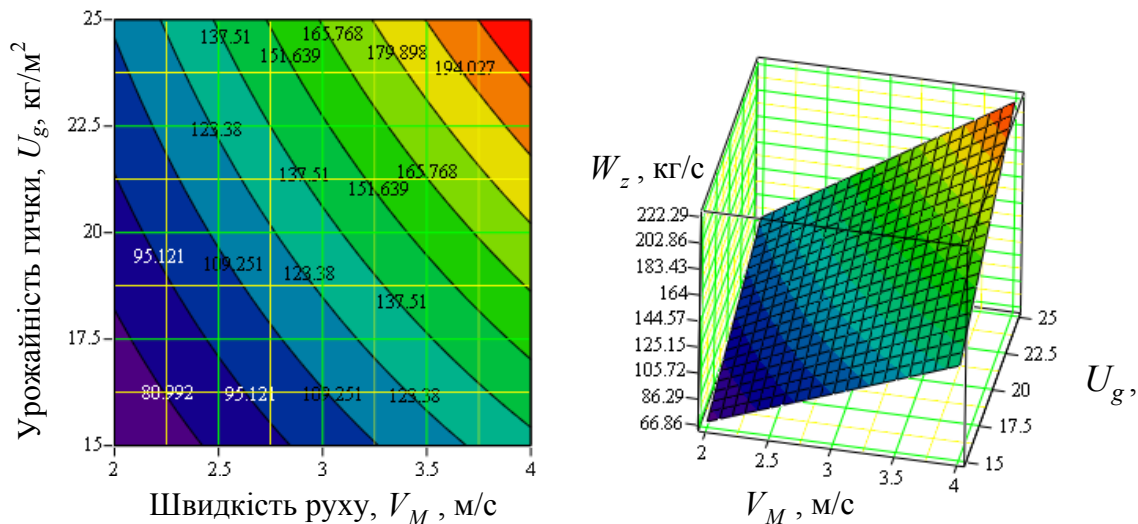


Рис. 1. Залежність зміни секундної подачі рослинних решток W_z роторним гичкорізом як функціонал $W_z = f(V_M, U_g)$.

2. Необхідне значення кутової швидкості ω_k шнекового конвеєра, яка буде забезпечувати розрахункову продуктивність шнекового конвеєра Q_k визначимо із умови (2), при цьому для спрощення запису виразу позначимо складові нерівності (2) як:

$$\left. \begin{aligned} -2c_k \operatorname{tg} \beta \pm \sqrt{[(D + 2c_k) \operatorname{tg} \beta]^2 + (4D + 8c_k)^2} &= \theta; \\ \pi d^2 D \operatorname{tg} \alpha + \delta_v z_k (D^2 - d^2) \cos \operatorname{arctg} \frac{2\pi D \operatorname{tg} \alpha}{D + d} &= P \end{aligned} \right\}. \quad (5)$$

Тоді мінімальне значення кутової швидкості ω_k шнекового конвеєра з умови забезпечення його продуктивності роботи Q_k буде

$$\omega_k \geq \frac{2\pi W_z P}{D \theta (D \operatorname{tg} \alpha - \delta_v) \rho_v k_a k_y (8\theta \psi' D^2 \operatorname{tg} \alpha - \lambda P)}, \quad (6)$$

За початкових умов $c_k = 0,005$ м, $\beta = \pi/12$, $\delta_v = 0,005$ м, $d = 0,1$ м; $\alpha = \pi/6$ [8, с. 6–9]; $\rho_v = 150$ кг/м³ [9, с. 14–17]; $k_a = 0,8$; $k_y = 0,3$ [10, с. 348]; $\psi'_n = 0,8$; $z_k = 1$; $\lambda_c = 0,1$ за формулою (6) побудовано залежність зміни кутової швидкості ω_k шнекового конвеєра у вигляді функціонала $\omega_k = f(D, W_z)$ і $\omega_k = f(W_z)$, яку наведено на рис. 2.

Встановлено, що для забезпечення транспортування шнековим конвеєром зрізаних і подрібнених рослинних решток без їх «звантаження» на його робочих поверхнях за секундної подачі рослинних решток $60 \leq W_z \leq 220$ кг/с, кутова швидкість ω_k шнекового конвеєра знаходиться в середніх межах 5,0...60 рад/с за діаметра шнекового конвеєра $D = 0,2 \dots 0,4$ м (рис. 2,а), або частота обертання шнекового конвеєра приблизно повинна бути у діапазоні $n_k = 50 \dots 600$ об/хв.

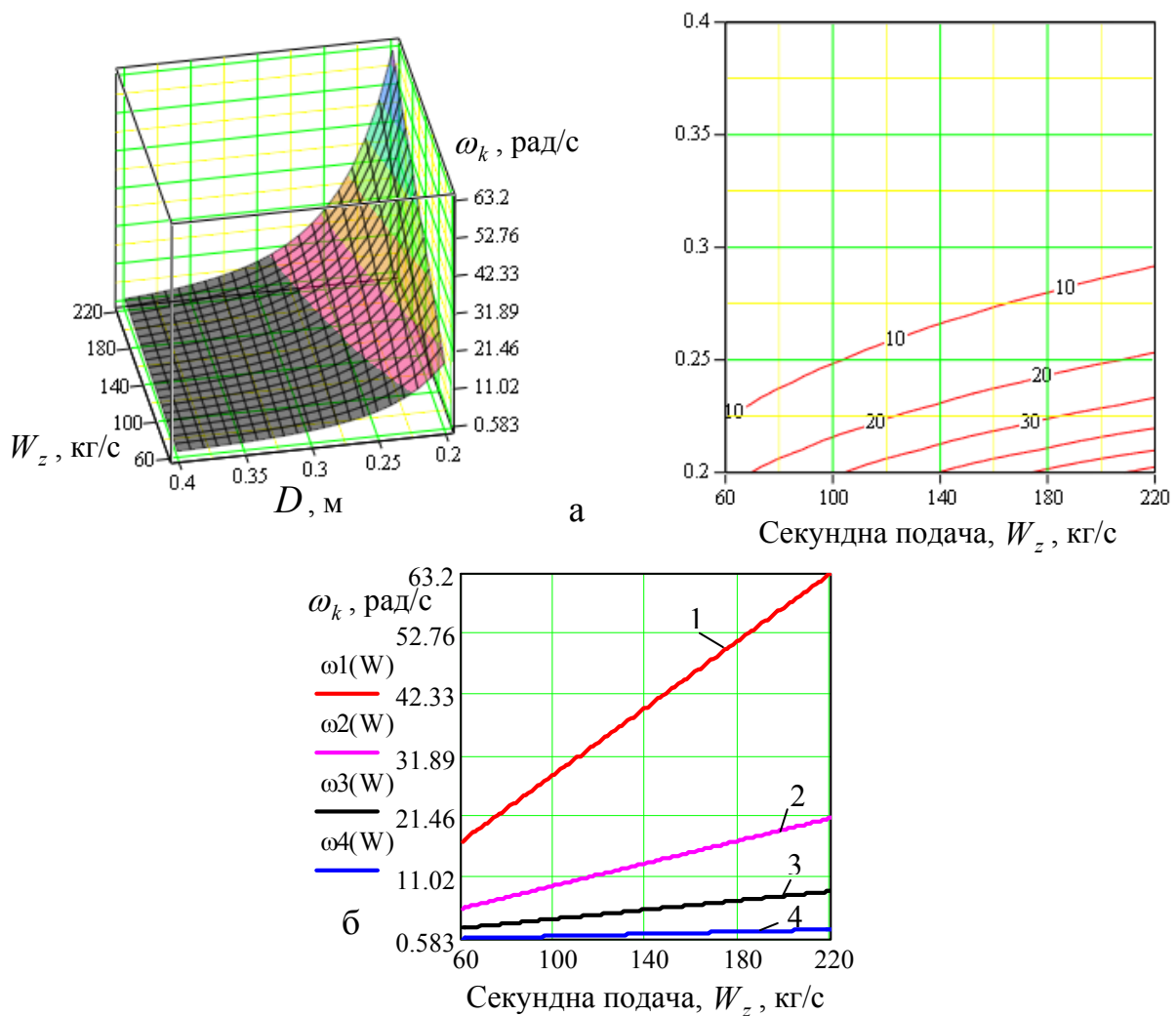


Рис. 2. Залежність зміни кутової швидкості шнекового конвеєра ω_k як функціонал: а – $\omega_k = f(W_z, D)$; б – $\omega_k = f(W_z)$; 1, 2, 3, 4 – відповідно, $D = 0,2; 0,25; 0,3; 0,4$ м.

Пріоритетний вплив на зміну кутової швидкості ω_k обертання шнекового конвеєра має секундна подача рослинних решток W_z роторним гичкорізом до нього та зміна діаметра шнека в межах $0,2 \leq D \leq 0,25$ м, при цьому за зменшення діаметра шнека від 0,25 до 0,2 м приріст ω_k становить в середньому 40 рад/с.

Для забезпечення технологічного процесу транспортування гички шнековим конвеєром за значення зміни діаметра шнека у межах $D = 0,2 \dots 0,3$ м кутова швидкість шнека повинна бути в межах $3,0 \dots 63,0$ рад/с, а за значення діаметра шнека $D = 0,3 \dots 0,4$ м процес транспортування подрібнених рослинних решток стабілізується, діапазон зміни кутової швидкості ω_k шнека має відносний несуттєвий характер і становить в середньому $\omega_k = 0,6 \dots 10$ рад/с (рис. 2,б). Якщо прийняти з конструктивних міркувань діапазон зміни діаметра

шнекового конвеєра у межах $D=0,25...0,3$ м, кутова швидкість обертання шнекового конвеєра буде становити в середньому $\omega_k = 3,5...8,5$ рад/с, або близько 35...85 об/хв.

3. Необхідне значення діаметра D шнекового конвеєра визначимо з графічного аналізу продуктивності Q_k та встановлених раціональних меж зміни частоти обертання шнекового конвеєра $n_k = 35...85$ об/хв, при цьому:

$$Q_k = \frac{1}{60} D n_k \left(-2c_k \operatorname{tg} \beta + \sqrt{(D + 2c_k)^2 \operatorname{tg}^2 \beta + (4D + 8c_k)^2} \right) (D \operatorname{tg} \alpha - \delta_v) \times \\ \times \rho_v k_a k_y \left(\frac{4\psi'_n D^2 \left(-2c_k \operatorname{tg} \beta + \sqrt{(D + 2c_k)^2 \operatorname{tg}^2 \beta + (4D + 8c_k)^2} \right) \operatorname{tg} \alpha}{\pi d^2 D \operatorname{tg} \alpha + \delta_v z_k (D^2 - d^2) \cos \arctg \frac{2\pi D \operatorname{tg} \alpha}{D + d}} - \lambda_c \right), \quad (7)$$

де: $d\phi_k / dt = \omega_k = \pi n_k / 30$, n_k – частота обертання шнекового конвеєра (об/хв).

На рис. 3 згідно з формулою (7) наведено залежність зміни розрахункової продуктивності Q_k шнекового конвеєра від діаметра шнека D як функціонал $Q_k = f(D)$. Аналіз наведених графічних залежностей (рис. 3) показує, що теоретична розрахункова продуктивність Q_k шнекового конвеєра змінюється у межах $Q_k = 38...225$ кг/с за встановлених значень меж зміни частоти обертання n_k шнекового конвеєра $n_k = 35...85$ об/хв і меж зміни $D = 0,25...0,3$ м.

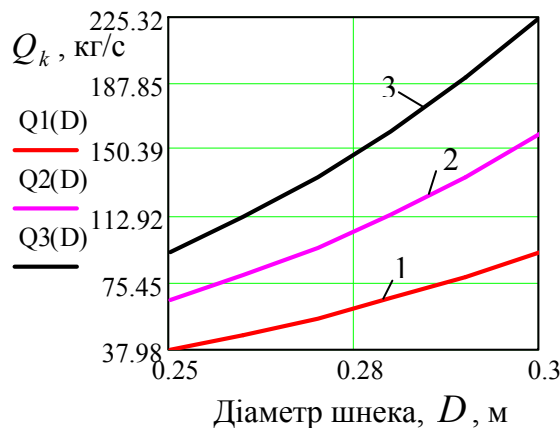


Рис. 3. Залежність зміни продуктивності шнекового конвеєра Q_k як функціонал $Q_k = f(D)$: 1, 2, 3 – відповідно, $n_k = 35; 60; 85$ об/хв.

Таким чином, одержані значення розрахункової продуктивності Q_k шнекового конвеєра у межах $Q_k = 38...225$ кг/с, є адекватними значенням одержаних меж зміни секундної подачі рослинних решток W_z роторним гичкорізом до шнекового конвеєра $W_z = 60...220$ кг/с (рис. 1). Для перевірки адекватності теоретичних положень

розробленої математичної моделі (7), яка характеризує залежність зміни продуктивності $Q_{k.e}$ шнекового конвеєра провели дослідження польової установки модуля, при цьому дослідження провели на основі реалізації двофакторного експерименту на трьох рівнях варіювання факторами. Послідовність проведення першого та наступних експериментів встановлювали згідно з нумерованим порядком рандомізованої план-матриці двофакторного експерименту типу ПФЕ 3^2 . Характеристику визначених факторів і значення їх рівнів варіювання, які встановлено згідно з результатами проведених теоретичних досліджень продуктивності шнека, наведено у табл. 1.

1. Результати кодування факторів і рівні їх варіювання

Фактори	Позначення		Інтерв. варіюв.	Рівні варіювання, натуральні/кодовані		
	натур.	код.				
Швидкість руху модуля, V_M , м/с	X_1	x_1	0,4	1,6/-1	2,0/0	2,4/+1
Врожайність гички, U_g , ц/га	X_2	x_2	30,0	120/-1	150/0	180/+1

Після оцінки статистичної значущості коефіцієнтів рівняння регресії і перевірки адекватності моделі та переходу від кодованих позначень змінних факторів до натуральних, одержано рівняння регресії, яке характеризує зміну продуктивності $Q_{k.e}$ шнекового конвеєра у натуральних величинах:

$$Q_{k.e} = -60,7 + 33,3V_M + 0,4U_g. \quad (8)$$

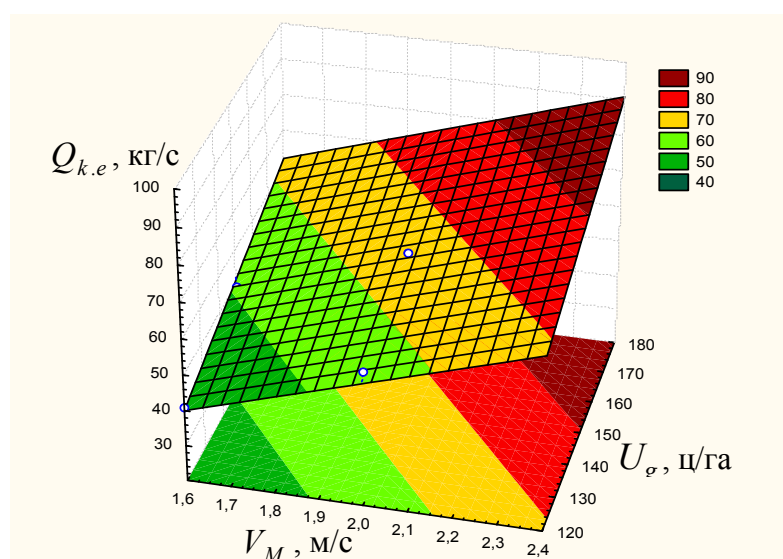


Рис. 4. Поверхня відгуку зміни продуктивності $Q_{k.e}$ шнекового конвеєра як функціонал $Q_{k.e} = f_Q(V_M; U_g)$.

Аналіз одержаного рівняння регресії (8) та побудованої згідно з ним поверхні відгуку (рис. 4) як функціонал $Q_{k.e} = f_Q(V_M; U_g)$ показує, що зміна продуктивності шнекового конвеєра $Q_{k.e}$ має прямо пропорційний характер, а основний масив апроксимованих експериментальних значень продуктивності шнекового конвеєра $Q_{k.e}$ знаходиться у межах 45...95 кг/с.

Домінуючими факторами, збільшення яких призводить до зростання продуктивності шнекового конвеєра $Q_{k.e}$, є всі діючі фактори – як і швидкість руху гичкозбирального модуля V_M , так і урожайність гички кормових буряків U_g , що також характерно залежностям, які наведено на рис. 5. При цьому розбіжність експериментальних значень продуктивності шнекового конвеєра $Q_{k.e}$, які побудовано згідно з рівнянням регресії (8) (прямі Q1(V)-Q3(V)) та теоретичних значень Q_k , одержаних на аналітичному рівні згідно з математичною моделлю (7) знаходиться у межах 7...12 %.

На основі цього можна констатувати, що розроблена теоретична модель (7), яка характеризує зміну продуктивності роботи Q_k шнекового конвеєра гичкозбирального модуля на аналітичному рівні адекватно, або в задовільній мірі описує реальний процес зміни продуктивності роботи $Q_{k.e}$, одержаної на емпіричному рівні згідно з рівняннями регресії (8).

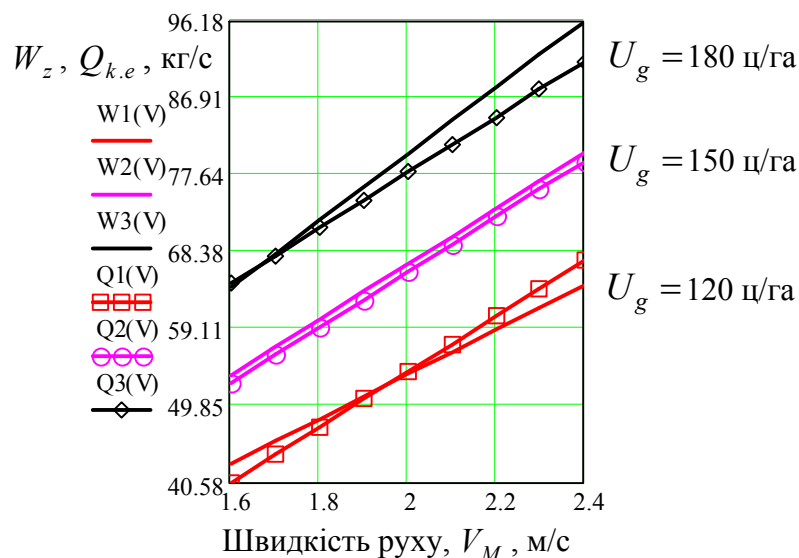


Рис. 5. Залежність зміни продуктивності $Q_{k.e}$ шнекового конвеєра як функціонал $Q_k = f_Q(V_M)$.

Висновок. За прийнятих значень основних технологічних параметрів процесу зрізування гички роторним гичкорізом

(коефіцієнта заповнення шнекового конвеєра $\psi'_n = 0,8$, робочої швидкості руху гичкозбирального модуля $V_M = 2,0 \dots 4,0$ м/с, урожайності гички кормових буряків $U_g = 150 \dots 250$ ц/га, кількості рядків коренеплодів $N = 6$) раціональні конструктивно-кінематичні параметри шнекового конвеєра, які обґрунтовано на теоретично-експериментальному рівні та за яких задовольняється умова оптимального функціонування гичкозбирального модуля становлять: діаметр шнекового конвеєра $D = 0,25 \dots 0,3$ м; частота обертання шнекового конвеєра $n_k = 35,0 \dots 85,0$ об/хв.

Список літератури

1. Барановський В. М. Основні етапи та загальні принципи сучасних тенденцій розвитку коренезбиральних машин / В. М. Барановський // Науковий журнал. Вісник ТДТУ. – Тернопіль, 2006. – Т. 11. – № 2. – С. 67–75.
2. Гичкозбиральна машина. Деклараційний патент України на корисну модель МПК A01D 23/02 Пат. № 101470 / Сторожук І. М., Барановський В. М., Теслюк В. В., Онищенко В. Б., Паньків М. Р.; заявник і власник Національний університет біоресурсів і природокористування України. – № u201503283 ; заявл. 07.04.2015 ; опубл. 10.09.2015. Бюл. № 17.
3. Гичкозбиральна машина. Деклараційний патент України на корисну модель МПК A01D 23/02 Пат. № 101470 / Сторожук І. М., Барановський В. М., Теслюк В. В., Онищенко В. Б., Паньків М. Р.; заявник і власник Національний університет біоресурсів і природокористування України. – № u201503283 ; заявл. 07.04.2015 ; опубл. 10.09.2015. Бюл. № 17.
4. Корнев Г. В. Транспортёры и элеваторы сельскохозяйственного назначения / Г. В. Корнев. – М., 1961. – 176 с.
5. Гевко Б. М. Механізми з гвинтовими пристроями / [Б. М. Гевко, М. Г. Данильченко, Р. М. Рогатинський та ін.]. – Львів: Світ, 1992. – 380 с.
6. Григорьев А. М. Винтовые конвейеры / А. М. Григорьев. – М.: Машиностроение. – 1981. – 635 с.
7. Онищенко В. Б. Розрахункова продуктивність шнекового конвеєра гичкозбирального модуля / В. Б. Онищенко, І. М. Сторожук // Scientific journal. Innovative solutions in modern science. – Dubai, 2016. – № 1(1). – С. 154–164.
8. Барановський В. М. Методологічні та конструктивно-технологічні аспекти розробки адаптованих коренезбиральних машин / В. М. Барановський, М. І. Підгурський, М. Р. Паньків // Науковий журнал. Вісник ТНТУ. – Тернопіль, 2014. – Т. 2 (74). – С. 106–113.
9. Гевко Б. М. Научные основы разработки винтовых транспортирующих механизмов сельскохозяйственных машин : автореф. дис... доктора техн. наук : спец. 05.20.01 "Механизация сельскохозяйственного производства" / Гевко Богдан Матвеевич. – Ростов-на-Дону, 1987. – 37 с.
10. Теория, конструкция и расчет сельхозмашин / [Босой Е. С., Верняев О. В., Смирнов А. С. и др.]. – М.: Машиностроение, 1978. – 567 с.

References

1. Baranovs'kyi, V. M. (2006). Osnovni etapy ta zahal'ni pryntsypy suchasnykh tendentsiy rozvytku korenezbyral'nykh mashyn [The main stages and the General principles of modern trends in the development kienesberger machines]. Naukovyy zhurnal. Visnyk TDTU. Ternopil', T. 11, 2, 67–75.

2. *Hychkozbyral'na mashyna* [Hicksville machine]. Deklaratsiynyy patent Ukrayiny na korysnu model' MPK A01D 23/02 Pat. № 101470 / *Storozhuk I. M., Baranovs'kyi V. M., Teslyuk V. V., Onyshchenko V. B., Pan'kiv M. R.* ; zayavnyk i vlasnyk Natsional'nyy universytet bioresursiv i pryrodokorystuvannya Ukrayiny. № u201503283 ; zayavl. 07.04.2015 ; opubl. 10.09.2015. Byul. № 17.
3. *Hychkozbyral'na mashyna* [Hicksville machine]. Deklaratsiynyy patent Ukrayiny na korysnu model' MPK A01D 23/02 Pat. № 101470 / *Storozhuk I. M., Baranovs'kyi V. M., Teslyuk V. V., Onyshchenko V. B., Pan'kiv M. R.* ; zayavnyk i vlasnyk Natsional'nyy universytet bioresursiv i pryrodokorystuvannya Ukrayiny. № u201503283 ; zayavl. 07.04.2015 ; opubl. 10.09.2015. Byul. № 17.
4. *Kornev, H. V.* (1961). Transportery y elevatory sel'skokhozyaystvennoho naznachenyya [Conveyors and elevators for agricultural purposes]. M., 176.
5. *Hevko, B. M., Danyl'chenko, M. H., Rohatyns'kyi, R. M.* (1992). Mekhanizmy z hvyntovymy prystroyamy [Mechanisms with screw devices]. L'viv: Svit, 380.
6. *Hryhor'ev, A. M.* (1981). Vyntovye konveyery [Screw conveyors]. M.: Mashynostroenye, 635.
7. *Onyshchenko, V. B., Storozhuk, I. M.* (2016). Rozrakhunkova produktyvnist' shnekovoho konveyera hychkozbyral'noho modulya [Design capacity of a screw conveyor Hicksville module]. Scientific journal. Innovative solutions in modern science, Dubai, № 1(1), 154–164.
8. *Baranovs'kyi, V. M., Pidhurs'kyi, M. I., Pan'kiv, M. R.* (2014). Metodolohichni ta konstruktyvno-tekhnologichni aspekty rozrobky adaptovanykh korenezbyral'nykh mashyn [Methodological design capacity of a screw conveyor module]. Naukovyy zhurnal. Visnyk TNTU. Ternopil', T. 2 (74), 106–113.
9. *Hevko, B. M.* (1987). Nauchnye osnovy razrabotky vyntovykh transportyruyushchykh mekhanyzmov sel'skokhozyaystvennykh mashyn [Scientific bases of development of screw conveying mechanisms of agricultural machines] : avtoref. dys... doktora tekhn. nauk : spets. 05.20.01 "Mekhanyzatsyya sel'skokhozyaystvennoho proyzvodstva". Rostov-na-Donu, 37.
10. *Bosoy, E. S., Vernyaev, O. V., Smyrnov, A. S.* (1978). *Teoriya, konstruktsyya y raschet sel'khoz mashyn* [Theory, design and calculation of agricultural machines]. M.: Mashynostroenye, 567.

ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНО-КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ШНЕКОВОГО КОНВЕЙЕРА ГИЧКОЗБИРАЛЬНОГО МОДУЛЯ

И. М. Сторожук

Аннотация. Приведены решения актуальной задачи повышения технологических показателей работы машин для уборки корнеплодов кормовой свеклы путем усовершенствования ботвоуборочным модуля и обоснование параметров шнекового конвейера. На основе анализа теоретических исследований технологического процесса уборки ботвы разработана математическая модель, характеризующая взаимосвязь расчетной производительности шнекового конвейера и секундной подачи измельченных растительных остатков роторным ботворезом. Определены границы изменения угловой скорости и диаметра винтового конвейера из условия обеспечения расчетной производительности ботвоуборочным модуля.

Получено эмпирическую модель в виде уравнения регрессии, которая функционально описывает изменение производительности шнекового конвейера в зависимости от параметров процесса.

Ключевые слова: ботва, ботвоуборочный модуль, скорость движения модуля, роторный ботворез, шнековый конвейер, производительность, диаметр шнека

SUBSTANTIATION OF CONSTRUCTIVE-KINEMATIC PARAMETRES OF SCREW CONVEYOR HICKSVILLE MODULE

I. M. Storozhuk

Abstract. *The solving of the actual problem such as improve technological performance of machines for harvesting root crops of fodder beet by improving module for harvesting haulm and reasoning of screw conveyors parameters are given. Mathematical model is designed and based on the analysis of theoretical research of technological process harvesting haulm by module for harvesting haulm. This model characterizes interconnection between estimated performance screw conveyor and seconds filing of chopped plant remains by rotary cutter for root crop tops. Limits of change of angular velocity and diameter of the screw conveyor with conditions of providing the estimated performance of module for harvesting haulm are determined. An empirical model in the form of regression equation which functionally describes change of screw conveyor performance depending on process parameters is obtained.*

Key words: *haulm, module for harvesting haulm, speed of movement of the module, rotary topper, screw conveyor, performance, angular velocity of screw conveyor, diameter of screw*

UDC 631.3:620.172

CONTACT RESISTANCE AND QUALITY GLUE-WELDING CONNECTION WITH ELIMINATION OF CRACKS IN CAST IRON PARTS

S. Karabinesh, Candidate of Technical Sciences

A. Povoliyshko, student

e-mail: karabinioshss@ukr.net

Abstract. *There are the results of experimental studies of conditions – determining by contact resistance of the necessary contacts in the welding area of research glue-welding for secure connections*

© S. Karabinesh, A. Povoliyshko, 2016

Получено эмпирическую модель в виде уравнения регрессии, которая функционально описывает изменение производительности шнекового конвейера в зависимости от параметров процесса.

Ключевые слова: ботва, ботвоуборочный модуль, скорость движения модуля, роторный ботворез, шнековый конвейер, производительность, диаметр шнека

SUBSTANTIATION OF CONSTRUCTIVE-KINEMATIC PARAMETRES OF SCREW CONVEYOR HICKSVILLE MODULE

I. M. Storozhuk

Abstract. *The solving of the actual problem such as improve technological performance of machines for harvesting root crops of fodder beet by improving module for harvesting haulm and reasoning of screw conveyors parameters are given. Mathematical model is designed and based on the analysis of theoretical research of technological process harvesting haulm by module for harvesting haulm. This model characterizes interconnection between estimated performance screw conveyor and seconds filing of chopped plant remains by rotary cutter for root crop tops. Limits of change of angular velocity and diameter of the screw conveyor with conditions of providing the estimated performance of module for harvesting haulm are determined. An empirical model in the form of regression equation which functionally describes change of screw conveyor performance depending on process parameters is obtained.*

Key words: *haulm, module for harvesting haulm, speed of movement of the module, rotary topper, screw conveyor, performance, angular velocity of screw conveyor, diameter of screw*

UDC 631.3:620.172

CONTACT RESISTANCE AND QUALITY GLUE-WELDING CONNECTION WITH ELIMINATION OF CRACKS IN CAST IRON PARTS

S. Karabinesh, Candidate of Technical Sciences

A. Povoliyshko, student

e-mail: karabinioshss@ukr.net

Abstract. *There are the results of experimental studies of conditions – determining by contact resistance of the necessary contacts in the welding area of research glue-welding for secure connections*

© S. Karabinesh, A. Povoliyshko, 2016

steel-iron when used in eliminating cracks in the cast iron body parts chassis tractors. Their use in the formation of compounds glue-welding steel-iron to eliminate cracks in large parts is limited technologically and economically irrational. This is due to the difficulty of creating local baths in areas with cracks configuration defects, difficulty of forming a uniform coating on the work piece surface chemical composition, which leads to an uneven distribution of forces of the adhesive bond between the contacting surfaces and reduced quality of the connection.

Most low resistance contact area was obtained at realization of the method of combined – mechanical and chemical. Its use is limited by technological problem was the difficulty of obtaining the local baths in areas with cracks (complex configuration of the surface). The greatest resistance in the contact zone is obtained by milling, develop uneven structure. Less resistance to the contact zone was observed in the treatment of surfaces with a wire brush or abrasive wheel. This is due to a decrease in the microprotrusion and increase contact area.

Key words: *body parts, steel, iron, electric-welding, spot welded, contact area, adhesive layer quality, contact resistance*

Introduction. Conditions of formation of such a compound is determined on the basis of the results of research to establish the impact on the quality of the connection of various factors: the state of the surfaces of the parts, electric-welding regime parameters and the composition of the steel lining of the adhesive composition. To do this, conducted: mechanical tests under static and cyclic loading, metallographic studies of the fusion zone and glue and more.

Formulation of problem. Common methods of surface preparation of parts in forming glue-welding compounds are chemical, mechanical, and their combination. Chemical methods, as noted in his works: Shavyrin V. V., Belokur I. P., Orlov B. D., Ryazantsev V. A., Gulyaev A. I. et al. [1, 2, 3, 5] suitable for the welding of aluminum, titanium, magnesium alloys and stainless steels. They are technologically complex processes, involving several steps: degreasing, pickling, passivation, oxidation, clarification and electromechanical processing. However, their use in the formation of compounds glue-welding steel-iron to eliminate cracks in large parts is limited technologically and economically irrational. This is due to the difficulty of creating local baths in areas with cracks configuration defects, difficulty of forming a uniform coating on the work piece surface chemical composition, which leads to an uneven distribution of forces of the adhesive bond between the contacting surfaces and reduced quality of the connection. Presumably, there is a rational use of mechanical means, or combinations thereof. Researchers conducted at tension of the purpose-made standards that consisted of two elements : cast-iron

plate (SCH-18) with the sizes of 100x 60x a 10 mm and steel protective straps (Steel 20) with the sizes of 100x 60x 0,8 mm. In connection with unavailability of reliable data about nature of the cyclic loading that test cast-iron details during exploitation, tests are conducted at axial tension – compression on symmetric and asymmetric to the cycles of loudening. Analysis of the literature [4, 5], and preliminary studies have shown that the objective criterion of the quality of the surface at the contact point and seam welding has a contact resistance at the junction.

Objective: to explore the possibility of glue-welding steel-iron compounds (welding on wet glue) using it in eliminating cracks in the cast iron body parts chassis tractors.

Results of researches. Practical experience and conducted experimental studies have shown that an objective indicator of the quality of surface preparation for gluwelding connection resistance spot and seam welding is a resistance value in the contact zone. To select the method of surface preparation and its applicability in the formation glue-welding connection steel, cast iron and measure the contact resistance of the weld zone thermal ways: milling cast iron parts and processing sanded steel plates, grinding abrasive wheel cast iron parts and steel plates, grinding of cast iron parts, followed by chemical treatment the standard method and steel plates and cast iron parts and steel plates with a wire brush. The experiments showed that all methods allow a satisfactory surface quality of the formation on the surfaces of stability and low resistance. However, most low resistance contact area was obtained at realization of the method of combined - mechanical and chemical. Its use is limited by technological problem was the difficulty of obtaining the local baths in areas with cracks (complex configuration of the surface). The greatest resistance in the contact zone is obtained by milling, develop uneven structure. Less resistance to the contact zone was observed in the treatment of surfaces with a wire brush or abrasive wheel. The surface roughness is $R_z = 60 \dots 90$. This is due to a decrease in the micro protrusion and increase contact area. structure. The causes of failures in the operation of cabinet cast iron parts are loss work ship of status as a result of wear of rubbing surfaces workers, who make up 0.02 ... 10.0 mm. Moreover, 83% of them are wearing no more than 0.6 ... 0.08 mm, and the destruction of these parts is the presence of fatigue loading and accompanied by a decrease in strength by 42%. Revealed that the deformation and damage parts of 21% is due to jamming of mobile conjugations under considerable stress, and destruction and damage parts accompanied corrosion and aging of materials to 10%. The loss of operability of the compatible parts under the influence of the above factors and the environment by 23%. However, its application is limited at the closing of cracks due to reasons. The experimental data by

this method correlated with the results of [4, 5]. Resistance highest value in the contact area gives the milling of the surfaces. This is due to that after milling on the surface of the parts is formed strongly developed, rough surface with R_z 120...166. The main source of internal tensions, which are linked with metallurgical processes, is thermal shrinkage brake cooling down at different speeds elements details. The nature and magnitude of this inhibition is due to the fact that at 600–650 °C iron passes from elastic to plastic state. At high temperature thick of complex configuration details usually tangentially compressed and thin – arm stretched. A characteristic feature cast iron body parts are also extremely molecules under deformation forces with different nature, size and direction of action. The combination of internal pressure from the effects of stress and residual stress leads to violation of the integrity of the material and the appearance of cracks, holes and calving.

The experimental results revealed that the contact resistance is reduced by increasing the compression force electrodes. Drag reduction was observed up to a certain value of the quantity of compression. Then, the contact resistance stable and did not decrease further. With further increase of electrodes compression force increased slightly. Increased resistance in the contact zone with increasing force up to 2.8...3.0 kN and then decreases. This phenomenon can be explained as follows: the initial contact form macrostructures having a limited contact area with increased pressure on the contact areas of these microstructures are crushed and the contact area increases and the resistance weld zone – is reduced. When you reach a certain plastic deformation under the pressure of the electrodes, almost all projections are crumpled and micro surface – aligned and form a complete contact area.

Thus, the contact resistance have the smallest value. A further increase in contact pressure leads to plastic micro currents metal contact zone and formed by partial destruction site. Formed disparate plots and resistance increases. Further increase of pressure causes them to smoothing and a compound that leads to the formation of a new more complete contact area. Based on these results were determined conditions for the formation of the contact surface, provided that high-quality glue-welding compound used in eliminating pops into cast iron housing parts. The optimum is to prepare the surfaces (including production capacities of repair shops) with an abrasive wheel or wire brush. These methods allow to obtain low and stable resistance area landfills, the value of which is $R_k = 80...120 \text{ m}\Omega$.

Experimental studies have made it possible to establish the relationship between the compressive force of the electrodes and the diameter of the welding point and the heat affected zone. It is established, by increasing the clamping force of electrodes, and the

nugget diameter core, respectively, the heat affected zone decreases. This phenomenon is caused by the fact that with increasing pressure on the mating parts, a large contact area and reduced contact resistance. With decreasing resistance in the contact area decreases the amount of energy together with the decreasing diameter core weld.

Changing the duration of the compression of the electrodes is less affected by the passage of welding processes. If you change the duration from 0,48 to 0,84 with a core diameter of the weld has changed (decreased) by 0,6 mm, and the heat-affected zone by 0,64 mm.

On the other hand, the duration of the contraction of the electrodes has a decisive impact on squeezing the adhesive layer during the formation of the necessary resistance in contact. Glue welding high quality can be obtained only if the complete or nearly complete squeezing it with the pad. It is found that the magnitude of the compressive force of the electrodes to achieve optimum conditions for forming the necessary connections and glue-welding contact zone varies within 2.0...2.2 kN.

It was established experimentally that the increase in welding current values of 6,0 to 11,0 kA leads to an increase in core diameter and the weld heat affected zone. In this area the definition of these values is in the range: 7,7...5,62 and 0,46...1,89 mm, respectively, however, the use of a low current values lead to the formation of defects in the core: small – lack of fusion, biggest – cracks and splashes. Increasing the core and the weld thermal zone due to an increase of heat in the welding zone during the formation of large areas of the superheated molten metal and sizes.

It should be noted that the implementation of these parameters (of equal value) for the welded joints and glue welding their character is different with different values of the unknown parameters. For example, the core diameter of the weld is 12% and the heat affected zone is 15% longer in glue welding. this is due to the change in conditions of heat removal from the heated metal. The adhesive layer of absorbing a certain amount of heat decreases the temperature gradient in the weld zone, creating conditions more uniform cooling of the metal mass. A process of concentration of the melt around the axis of the nugget and its diameter decreases. heated metal concentration in a small area contributes to the heating of large areas, close to the cast kernel - heat-affected zone.

Conclusions. For the implementation of the proposed methods of surface preparation necessary to fulfill the following conditions: grit abrasive circle- M14, the circumferential speed – 30 ... 40 m/s, cutting depth – 0.3...0.6 mm, the diameter of the wires of the brush – 0.2...0.6 mm, length delay – 50...60 mm, etc. Final steps of surface preparation of

the parts are: the removal of abrasive particles and fracture of metals with compressed air and then – degreasing. Application glue-welding connection to eliminate cracks determines these operations carefully.

Reference

1. Karabinesh, S. S. (2001). Non-distractive control glue-weed joining by computer holography // III International Research And Technical Conference (MOTOROL 2001). Lublin: Agriculture University. Volume 4. 144–147.
2. Technology and equipment for spot welding. (1975). / Under prof. Orlova B. D. M.: Engineer. 536.
3. Gulyaev, A. I. (1978). The technology points and welded steel. M.: Engineer. 647.
4. Shavyrin, V. V., Ryazantsev, V. A. (1988). Glue-welding design. M.: Engineer. 231.
5. Karabinosh, S. S. (1985). Recovery of body parts by glue-welding. Road Transport. №7. 38–39.
6. Novitsky, A. V. (2013). Investigation of the readiness of the "man-machine" in the accumulation of damage. Motrol, Motoryzacia i Energetyka Rolnictwa v motorization and power industry in agriculture. Lublin. 293–298.

КОНТАКТНИЙ ОПІР І ЯКІСТЬ КЛЕЕСВАРНИХ З'ЄДНАННЯ ПРИ УСУНЕННІ ТРІЩИН В ЧАВУННИХ ДЕТАЛЯХ

С. Карабиньох, А. Поволійшко

Анотація. У статті наведено результати експериментальних досліджень умов – визначення необхідного в зоні зварювання контакту і опору для якісного з'єднання сталь-чавун при використанні його при усуненні тріщин в чавунних корпусних деталях шасі тракторів.

Використання клеєвих і зварних з'єднань сталь-чавун для усунення тріщин в більшості випадків обмежена технологічно і економічно. Це пов'язано через труднощі утворення локальних площадок в місцях знаходження тріщини складної конфігурації та важкістю формування рівномірного покриття на деталі, яку відновлюють. В свою чергу, це призводить до виникнення нерівномірного розподілу сил адгезійного зв'язку між контактуючими поверхнями і зниження якості з'єднання.

Встановлено, що найкращі показники по контакту з низьким опором були отримані при реалізації комбінованого механічного і хімічного методів. Використання таких методів обробки обмежене технологічними проблемами – це складність отримання локальних ванн на ділянках із тріщинами (складної конфігурації поверхні). Найбільший опір в зоні контакту отримано при створення шорсткої, розвиненої і нерівну структуру поверхні. Менший опір в зони контакту спостерігалася при обробці поверхонь дротяною щіткою або абразивним кругом. Це пов'язано зі зменшенням площі контакту мікровиступів і збільшення. Вивчено динаміку зміни контактного опору при зміні тиску на поверхні деталей, які з'єднують за допомогою

електроконтактного зварювання. Процес утворення клеєварного з'єднання має іншу природу. Перш за все повинен бути видалений із зони контакту клеєний прошарок і утворення зони контакту пов'язано із наявністю діелектричної маси в контактній зоні, що змінює опір контакту.

Ключові слова: корпусні деталі, сталь, чавун, електроконтактне зварювання, точка зварювальна, зона контакту, клейовий прошарок, якість, клеєзварювання

КОНТАКТНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ И КАЧЕСТВО КЛЕЕСВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЯ ПРИ УСУНЕНИИ ТРЕЩИН В ЧУГУННЫХ ДЕТАЛЯХ

С. Карабинеш, А. Поволийшко

Аннотация. В статье приведены результаты экспериментальных исследований условий – определение необходимого в зоне сварки контакта и сопротивления для качественного соединения сталь-чугун при использовании его при устранении трещин в чугунных корпусных деталях шасси тракторов.

Использование клеевых и сварных соединений сталь-чугун для устранения трещин в большинстве случаев ограничена технологически и экономически. Это связано из-за трудности образования локальных площадок в местах нахождения трещины сложной конфигурации и сложности формирования равномерного покрытия на детали, которую восстанавливают. В свою очередь, это приводит к возникновению неравномерного распределения сил адгезионной связи между контактирующими поверхностями и снижения качества соединения.

Установлено, что наилучшие показатели по контакту с низким сопротивлением были получены при реализации комбинированного механического и химического методов. Использование таких методов обработки ограничено технологическими проблемами – это сложность получения локальных ванн на участках с трещинами (сложной конфигурации поверхности). Наибольшее сопротивление в зоне контакта получено при создании шероховатой, развитой и неровную структуру поверхности. Меньшее сопротивление в зоне контакта наблюдалась при обработке поверхностей проволочной щеткой или абразивным кругом. Это связано с уменьшением площади контакта микровыступов и увеличением. Изучена динамика изменения контактного сопротивления при изменении давления на поверхности деталей, которые соединяют с помощью электроконтактной сварки. Процесс образования клеєварного соединения имеет иную природу. Прежде всего

должен быть удален из зоны контакта клееный слой и образование зоны контакта связано с наличием диэлектрической массы в контактной зоне, что изменяет сопротивление контакта.

Ключевые слова: корпусные детали, сталь, чугун, электроконтактная сварка, сварочная точка, зона контакта, клеевой слой, качество, клеесварка

УДК 631.331.922

ШЛЯХИ ПОКРАЩЕННЯ ДОЗУВАННЯ НАСІННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР

О. М. Вечера, здобувач
e-mail: olegv@meta.ua

Анотація. В статті розглянуто питання вдоконалення проточного дозатора, що забезпечує рівномірне неперервне дозування насіння сільськогосподарських культур незалежно від висоти заповнення ним бункера аж до повного спорожнення його.

Результати досліджень процесу висипання сипких матеріалів із місткостей свідчать, що геометричні характеристики місткостей і дозувальних отворів та їх співвідношення, а також рівень заповнення місткостей суттєво впливають на рівномірність дозування сипких матеріалів проточними дозаторами об'ємного типу. Аналіз дозувальних пристроїв серійних протруювачів свідчить, що в їх конструкціях ці закономірності не враховуються. Дозатори, що поєднують дозування насіння з розподіленням та формуванням його потоку потрібної щільності внаслідок гальмівної дії розподільних пристроїв значно зменшують потенційну продуктивність протруювача. Тому потрібно було створити проточний дозатор, що забезпечує рівномірне неперервне дозування насіння сільськогосподарських культур незалежно від висоти заповнення ним бункера аж до повного спорожнення його. В результаті проведених досліджень запропонована вдосконалена конструкція дозатора з бункером та визначені необхідні параметри такої конструкції для рівномірного неперервного дозування насіння сільськогосподарських культур, що важливе в багатьох галузях сільськогосподарського машинобудування, де потрібне дозування зернистих матеріалів, особливо в протруювачах насіння рідкими

© О. М. Вечера, 2016

должен быть удален из зоны контакта клееный слой и образование зоны контакта связано с наличием диэлектрической массы в контактной зоне, что изменяет сопротивление контакта.

Ключевые слова: корпусные детали, сталь, чугун, электроконтактная сварка, сварочная точка, зона контакта, клеевой слой, качество, клеесварка

УДК 631.331.922

ШЛЯХИ ПОКРАЩЕННЯ ДОЗУВАННЯ НАСІННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР

О. М. Вечера, здобувач
e-mail: olegv@meta.ua

Анотація. В статті розглянуто питання вдоконалення проточного дозатора, що забезпечує рівномірне неперервне дозування насіння сільськогосподарських культур незалежно від висоти заповнення ним бункера аж до повного спорожнення його.

Результати досліджень процесу висипання сипких матеріалів із місткостей свідчать, що геометричні характеристики місткостей і дозувальних отворів та їх співвідношення, а також рівень заповнення місткостей суттєво впливають на рівномірність дозування сипких матеріалів проточними дозаторами об'ємного типу. Аналіз дозувальних пристроїв серійних протруювачів свідчить, що в їх конструкціях ці закономірності не враховуються. Дозатори, що поєднують дозування насіння з розподіленням та формуванням його потоку потрібної щільності внаслідок гальмівної дії розподільних пристроїв значно зменшують потенційну продуктивність протруювача. Тому потрібно було створити проточний дозатор, що забезпечує рівномірне неперервне дозування насіння сільськогосподарських культур незалежно від висоти заповнення ним бункера аж до повного спорожнення його. В результаті проведених досліджень запропонована вдосконалена конструкція дозатора з бункером та визначені необхідні параметри такої конструкції для рівномірного неперервного дозування насіння сільськогосподарських культур, що важливе в багатьох галузях сільськогосподарського машинобудування, де потрібне дозування зернистих матеріалів, особливо в протруювачах насіння рідкими

© О. М. Вечера, 2016

препаратами. Запропонована конструкція дозволяє підвищити рівномірність дозування насіння сільськогосподарських культур та зернистих матеріалів в інших галузях та зменшення металоємкості і габаритів відповідних машин, у яких застосовуються такі дозатори.

Ключові слова: *протруювач, бункер, спосіб, потік, рівномірність, дозатор*

Постановка проблеми. В сьогоденній важкій фінансовій ситуації господарства змушені економити на високоякісному насінні, та сподіваються, що така стратегія означатиме нижчу якість врожаю, але забезпечить його достатній обсяг. Так, підготовку насіння для посіву (очистку, калібровку та протруювання) господарства в основному проводять самостійно для здешевлення цих процесів з викристанням старої вдосконаленої та дешевшої вітчизняної техніки.

Аналіз останніх досліджень. В протруювачах насіння та в інших галузях сільськогосподарського машинобудування, де потрібне дозування зернистих матеріалів, особливо важливе рівномірне неперервне дозування насіння сільськогосподарських культур і робочої рідини – пестициду, оскільки вони є необхідною передумовою рівномірної обробки насіння препаратом, а отже і досягнення високої ефективності протруювання. Ця операція часто поєднується із одночасним формуванням потоку насіння певної форми та щільності за допомогою проточних дозаторів об'ємного типу, обладнаних пасивними („Мобітокс”, СТ-200) чи активними (ПК-20, ПС-10) розподільниками насіння. Очевидно, що продуктивність та рівномірність потоку насіння, що подається такими дозаторами на робочий орган, визначається умовами його витікання з бункера, пропускною здатністю дозуючого отвору, гальмівною дією використовуваних розподільників та ін.

Так, продуктивність дозаторів з пасивними розподільниками насіння визначається площею живого перетину кільцевого отвору випускної горловини бункера та конструктивними параметрами розподільника насіння. Продуктивність дозаторів з активними розподільниками залежить від частоти обертання розподільника та його конструкції (диск або конус), а дозаторів протруювачів інерційно-фрикційного типу [1], у яких робочий орган одночасно є активним розподільником насіння – ще й від параметрів бокової поверхні робочого органа.

Згідно з результатами досліджень [2–5] вплив умов витікання насіння з бункера на рівномірність потоку визначається параметрами випускного отвору, місткості і висотою заповнення її насінням, а також фізико-механічними властивостями останнього. Сам процес витікання насіння через отвори в місткостях дослідники

розглядають по різному. Одні з них вважають, що висипання сипких матеріалів через отвори в місткостях відбувається внаслідок утворення рухомого стовпа матеріалу над отвором, після чого верхні шари його стікають до рухомого стовпа під кутом природного схилу. Інші прихильники теорії динамічного розвантажувального склепіння [2] вважають, що над отвором утворюється динамічне розвантажувальне склепіння, випадання з якого насіння і визначає витрату через дозувальний отвір. За цією теорією швидкість висипання і витрата не залежать від висоти заповнення місткості, а залежать від висоти утвореного склепіння. Треті [3] вважають, що процес висипання відбувається у три фази. Перша з них починається з моменту відкриття отвору, коли починає рухатися майже весь сипкий матеріал в місткості, а його поверхня опускається паралельно самій собі до певного відношення висоти H заповнення місткості до діаметра D . Після цього настає друга фаза висипання з утворенням рухомого стовпа матеріалу і внаслідок цього - лійки в місткості, після чого подача матеріалу відбувається вже за рахунок стікання його під кутом природного схилу до центрального стовпа. При цьому зміна характеру процесу висипання пояснюється впливом розмірів, питомої ваги, коефіцієнта зовнішнього тертя частинок сипкого матеріалу і діаметра місткості.

Найбільш повно фізична сутність процесу висипання зерна через отвори в місткостях вивчалися В. М. Атомяном [3] та Г. М. Бузенковим і С. А. Ма [4], яким вдалося картину висипання насіння обґрунтувати напрямками і швидкостями руху насіння в кожній зоні [3] і взаємним розміщенням частинок сипкого матеріалу в місткості та силами тиску сипких матеріалів на дно і стінки місткості [4]. На основі цих досліджень вони виділяють три характерні зони в процесі висипання: першу (верхню), другу (середню), і третю (нижню) – периферійну, на дні місткості (так звану мертву зону), а причини зміни швидкості сипкого матеріалу залежно від висоти насипки H його в місткості пояснюють співвідношенням діючих на частинки сипкого матеріалу бокових P_x і осьових (вертикальних) P_y сил його ваги.

Причиною утворення склепіння з часточок є заклинювання їх силами внутрішнього тертя по лінії їх укладки. Чим менший коефіцієнт внутрішнього тертя і чим більший діаметр отвору, тим склепіння менш стійке і тому утворення його можливе лише у випадку висипання сипкого матеріалу через отвори малого діаметра. Висота отвору при постійному діаметрі не впливає на витрату сипкого матеріалу [3]. Аналогічний результат одержаний і в нас.

На підставі одержаних даних В. М. Атомян [3] і Г. М. Бузенков з С. А. Ма [4] різними шляхами прийшли до такої закономірності: при $H/D > 1$ швидкість висипання часточок залишається постійною аж до

досягнення рівня $H/D=1$. На цьому проміжку висипання усі часточки усіх шарів сипкого матеріалу мають однакову швидкість і усі шари опускаються паралельно самим собі без утворення лійки, оскільки на усі часточки в усіх шарах діють однакові сили P_x і P_y . Після досягнення висоти насипки $H=D$ (висоти H_{rcons} стабілізації P_x і P_y) характер висипання змінюється – часточки горизонтальних шарів під дією різних осьових сил набувають різних швидкостей, внаслідок чого швидкість висипання сповільнюється. Спочатку висипаються часточки, розміщені над отвором, утворюючи лійку, а потім периферійні верхні часточки, що скочуються по лійці до її вершини в центральний рухомий стовп. Якщо в момент початку висипання висота насипки приблизно дорівнювала діаметру місткості ($H/D \approx 1$), то висипання зразу ж супроводжується утворенням лійки.

Результати досліджень. Результати досліджень процесу висипання сипких матеріалів із місткостей свідчать, що геометричні характеристики місткостей і дозувальних отворів та їх співвідношення, а також рівень заповнення місткостей суттєво впливають на рівномірність дозування сипких матеріалів проточними дозаторами об'ємного типу. Аналіз дозувальних пристроїв серійних протруювачів свідчить, що в їх конструкціях ці закономірності не враховуються. Дозатори, що поєднують дозування насіння з розподіленням та формуванням його потоку потрібної щільності внаслідок гальмівної дії розподільних пристроїв значно зменшують потенційну продуктивність протруювача. Зменшення гальмівної дії таких проточних дозаторів, та їх впливу на потенційну продуктивність дозатора (випускної горловини бункера) можливе, як показали результати досліджень [5], шляхом оптимізації параметрів самого розподільника та живого перетину дозувального отвору. У випадку використання активних розподільників (як правило, обертових дисків, конусів тощо) гальмівний опір висипанню насіння з випускної горловини бункера ці розподільники створюють внаслідок накопичення в зоні під випускною горловиною шару насіння, що не евакуюється з цієї зони активними розподільниками. В цьому випадку причиною зменшення потенційної продуктивності дозатора є неузгодженість конструктивних параметрів дозатора та режимів роботи активного розподільника і випускної горловини [5]. З метою прискорення евакуації насіння із зони сходу його з розподільника в деяких протруювачах (наприклад ПНУ-4) застосовують додаткові конструктивні елементи – активатори.

В протруювачах інерційно-фрикційного типу, які поєднують дозування, розподілення і обробку насіння рідкими пестицидами одним робочим органом, продуктивність дозатора визначають ті ж фактори, що й в інших проточних дозаторів з активними розподільниками, та ще й параметри бокової конічної поверхні

робочого органу [1, 5]. Узгодження дії усіх цих факторів з обов'язковим врахуванням характеристик насіння, що дозується і обробляється, забезпечує надійну роботу протруювача в цілому, яка, очевидно, можлива у випадку, коли насіння з достатньою швидкістю буде рухатися вверх по твірній конічного робочого органу. Ця ж умова є і умовою не гальмування насінням, що знаходиться на робочому органі, насіння, яке надходить від дозатора.

Відомий дозатор сипких матеріалів, який включає бункер для сипких матеріалів і набір шайб різного діаметра, що виконують функцію дозувальної горловини, дозатор порошкоподібних матеріалів, що включає бункер для порошкоподібних матеріалів з дозувальною горловиною, в якій встановлено заслінку для регулювання продуктивності дозатора, а також дозатор для гранульованих вибухових речовин, який включає бункер і дозувальну горловину з конічним розподільником. Недоліком цих дозаторів є нерівномірне витікання матеріалів через горловину, а отже і нерівномірне дозування їх особливо при порційній подачі, як це відбувається в протруювачах насіння, особливо при спорожненні бункера. Найближчим за технічною суттю до потрібного дозатора, є дозатор-розподільник проточного типу, що включає бункер для насіння з дозувальною горловиною, який широко використовується у різних конструктивних варіантах у вітчизняних та зарубіжних протруювачах: у поєднанні з дисковими розподільниками насіння КПС-10, АПЗ-10 ПС-10 (СРСР), ПК-20, ПКС-20 (Україна), ПКС-15 (Республіка Беларусь), СТ 2-10, СТ 5-25 та ін. (Німеччина), з конічними розподільниками "Мобітокс" (Угорщина), "Agata" (Польща), ПНУ-4, ПНУ-10, (Україна) тощо. Дозатори цього типу прості, надійні і не потребують приводу. Проте загальним недоліком таких дозаторів є нерівномірна подача насіння, зумовлена залежністю швидкості висипання його від висоти заповнення ним бункера в межах від $H_b=D$ до $H_b=0$ [2, 3, 4]. Ця залежність змушує розробників і конструкторів сільсько-господарських машин збільшувати габаритні розміри відповідних машин і миритися з нерівномірністю дозування зернистих матеріалів під час спорожнення бункера чи коливання висоти його заповнення в процесі роботи машини.

Тому потрібно було створити проточний дозатор, що забезпечує рівномірне неперервне дозування насіння сільськогосподарських культур незалежно від висоти заповнення ним бункера аж до повного спорожнення його. Поставлена задача вирішується завдяки тому, що в дозаторі насіння, який включає (рис. 1) бункер 1 з дозувальною горловиною, дозувальна горловина виконана у вигляді з'єднаних між собою перехідною конічною поверхнею 3 двох відрізків труб різного діаметра і довжини, причому

діаметр D з'єднаного з бункером більшого відрізка труби 2 більший діаметра d меншого відрізка труби 4 і значно менший діаметра D_6 бункера для насіння, а його довжина L не менша його ж діаметра D (тобто $L \geq D$ і $D_6 \gg D > d$), при цьому довжина меншого відрізка труби 4 довільна, оскільки не впливає на продуктивність дозатора [2, 5].

Завдяки використанню дозувальної горловини у вигляді з'єднаних між собою перехідною конічною поверхнею двох відрізків труб різного діаметра і довжини досягається рівномірне висипання насіння з бункера аж до повного його спорожнення незалежно від його розмірів та висоти заповнення насінням, що сприяє підвищенню, наприклад, рівномірності обробки насіння препаратами та зменшенню габаритів і металоємності протруювачів насіння. Приклад виконання проточного дозатора насіння сільськогосподарських культур пояснюється кресленням, де: 1 – бункер для насіння; 2 – відрізок труби більшого діаметра; 3 – перехідна конічна поверхня; 4 – відрізок труби меншого діаметра.

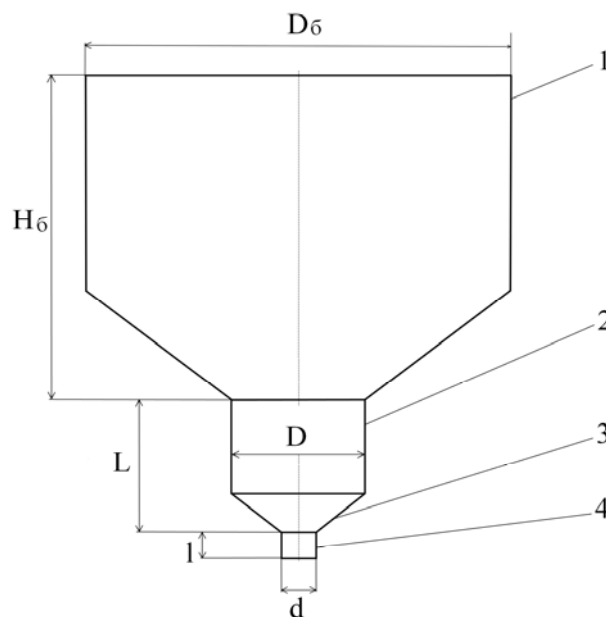


Рис. 1. Схема дозатора насіння сільськогосподарських культур.

Працює запропонований дозатор так: насіння з бункера 1 самопливом надходить у з'єднаний з ним відрізок труби більшого діаметра 2, який має довжину L , не меншу свого діаметра D , а з нього по перехідній конічній поверхні 3 надходить у відрізок труби меншого діаметра 4, який у такій конструкції виконує функцію дозувальної горловини. При цьому характер висипання насіння через дозувальну горловину визначається перерозподілом тиску ваги насіння на стінки з'єднаного з бункером відрізка труби 2 більшого діаметра, а бункер 1 у цьому випадку знаходиться вище зони нерівномірного висипання і тому на процес висипання насіння

не впливає, оскільки аж до повного спорожнення його зберігаються незмінними умови висипання насіння з відрізка труби 2 більшого діаметра через відрізок труби 4 меншого діаметра. Проведені випробування експериментального зразка (рис. 2) дозатора насіння показали високу ефективність його роботи, а новизна способу дозування та дозатора зернистих матеріалів отримали відповідне підтвердження [6, 7].



Рис. 2. Експериментальний зразок дозатора насіння з зерном.

Висновок. Таким чином за допомогою запропонованої конструкції досягається підвищення рівномірності дозування насіння сільськогосподарських культур та зернистих матеріалів в інших галузях та зменшення металоємкості і габаритів відповідних машин, у яких застосовуються такі дозатори.

Список літератури

1. Тимошенко С. П. Спосіб обробки насіння рідкими препаратами. П. № 96498 A01C 1/08, 2006/01, п.10/11/2011, бюл. №21 / Тимошенко С. П., Вечера О. М., Тимошенко С. І.
2. Семенов А. Н. Зерновые сеялки / А. Н. Семенов. – М.-К.: Машгиз, 1959. – 318 с.
3. Атомян В. М. Свободное истечение и высев семян зерновыми сеялками / В. М. Атомян. – Ереван: Из-во Главного управления с.х. науки МСХ Армянской ССР, 1960. – 138 с.
4. Бузенков Г. М. Машины для посева сельскохозяйственных культур / Г. М. Бузенков, С. А. Ма. – М.: Машиностроение, 1976. – 271 с.
5. Разработать рабочие органы протравливателей семян и обосновать их оптимальные параметры. Раздел №2 Отчета по теме №4 НИР УНИИМЭСХ / [С. П. Тимошенко, М. А. Михайленко и др.]. – Глеваха, 1978. – 77 с.
6. Тимошенко С. П. Дозатор зернистих матеріалів. П. №89875 A01C 1/08, G01F 11/12.2006/1, п. 12.05.2014, бюл. №9 / Тимошенко С. П., Вечера О. М., Тимошенко В. І., Тимошенко С. І.
7. Тимошенко С. П. Спосіб дозування зернистих матеріалів. П. №104780 A01F 25/14, G01F 11/00, 2006/1, п. 11.03.2014, Бюл. № 5 / Тимошенко С. П., Тимошенко С. І., Вечера О. М., Ятченко М. А., Войтюк Д. Г.

References

1. Tymoshenko, S. P. (2011). Sposib obrobky nasinnya ridkymy preparatamy [The method of seed treatment with liquid preparations] . P. № 96498 A01S 1/08, 2006/01, p.10/11/2011, byul. #21 / Tymoshenko S. P., Vechera O. M., Tymoshenko S. I.
2. Semenov, A. N. (1959). Zernovye seyalky [Grain seeders]. M.-K.: Mashhyz, 318.
3. Atomyan, V. M. (1960). Svobodnoe ystechenye y vysev semyan zernovymy seyalkamy [Free outflow and the seeding grain drills]. Erevan: Yz-vo Hlavnogo upravlenyya s.kh. nauky MSKh Armyanskoy SSR, 138.
4. Buzenkov, H. M., Ma, S. A. (1976). Mashyny dlya poseva sel'skokho-zyaystvennykh kul'tur [Machines for sowing of crops]. M.: Mashynostroenye, 271.
5. Razrabotať (1978). rabochye orhany protravlyvateley semyan y obosnovat' ykh optymal'nye parametry [To develop working bodies of the seeds treaters and to prove them optimal parameters]. Razdel №2 Otcheta po teme №4 NYR UNYYMƏSKh / [S. P. Tymoshenko, M. A. Mykhaylenko y dr.]. Hlevakha, 77.
6. Tymoshenko, S. P. (2006). Dozator zernystykh materialiv [The dispenser of granular materials]. P. №89875 A01C 1/08, G01F 11/12.2006/1, p. 12.05.2014, byul. №9 . Tymoshenko S. P., Vechera O. M., Tymoshenko V. I., Tymoshenko S. I.
7. Tymoshenko, S. P. (2006). Sposib dozuvannya zernystykh materialiv [A method of dispensing granular materials]. P. №104780 A01F 25/14, G01F 11/00, 2006/1, p. 11.03.2014, Byul. № 5 . Tymoshenko S. P., Tymoshenko S. I., Vechera O. M., Yatchenko M. A., Voytyuk D. H.

ПУТИ УЛУЧШЕНИЯ ДОЗИРОВАНИЯ СЕМЯН СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

О. М. Вечера

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы совершенствование проточного дозатора, что обеспечивает равномерное непрерывное дозирование семян сельскохозяйственных культур независимо от высоты заполнения им бункера вплоть до полного опорожнения его.

Результаты исследований процесса высыпания сыпучих материалов из емкостей свидетельствуют, что геометрические характеристики емкостей и дозирующих отверстий и их соотношение, а также уровень заполнения емкостей существенно влияют на равномерность дозирования сыпучих материалов проточными дозаторами объемного типа. Анализ дозирующих устройств серийных протравливателей свидетельствует, что в их конструкциях эти закономерности не учитываются. Дозаторы, сочетающие дозировка семена с распределением и формированием его потока нужной плотности вследствие тормозящего действия распределительных устройств значительно уменьшают потенциальную производительность протравителя. Поэтому нужно было создать проточный дозатор, обеспечивающий равномерное непрерывное дозирование семян сельскохозяйственных культур независимо от высоты заполнения им бункера вплоть до полного опорожнения его. В результате проведенных исследований

предложена усовершенствованная конструкция дозатора с бункером и определены необходимые параметры такой конструкции для равномерного непрерывного дозирования семян сельскохозяйственных культур, важное во многих отраслях сельскохозяйственного машиностроения, где требуется дозирование зернистых материалов, особенно в протруивачах семян жидкими препаратами. Предложенная конструкция позволяет повысить равномерность дозирования семян сельскохозяйственных культур и зернистых материалов в других отраслях и уменьшение металлоемкости и габаритов соответствующих машин, в которых применяются такие дозаторы.

Ключевые слова: протравливатель, бункер, способ, поток, равномерность, дозатор

WAYS OF IMPROVING DISPENSING OF SEEDS OF AGRICULTURAL CROPS

O. M. Vechera

Abstract. *In paper considers the issues of improving flow spout that provides a uniform continuous dosing of seeds of agricultural crops regardless of height they fill the hopper until the complete emptying of it.*

The results of studies of the process of precipitation of bulk materials from tanks indicate that the geometric characteristics of tanks and the dosing holes and their ratio, as well as the filling level of the tanks significantly affect the uniformity of dosing of bulk materials flow metering devices volumetric type. Analysis of the dosing device serial treaters indicates that in their designs, these patterns are not taken into account. Dispensers, combining the seeds with the dose distribution and the formation of its thread of the desired density due to the inhibitory action of distribution devices significantly reduce the potential performance of the treater. Therefore, it was necessary to create a flow dispenser that provides a uniform continuous dosing of seeds of agricultural crops regardless of height they fill the hopper until the complete emptying of it. The result of the research proposes an improved design of the dispenser with a hopper and determined the necessary parameters of this design for continuous dispensing of seed crops, important in many branches of agricultural engineering, which requires batching of granular materials, especially in the seed treater liquid preparations. The proposed design allows to increase the uniformity of dosing of seed crops and granular materials in other sectors and the reduction of metal consumption and dimensions of the relevant machines that use these dispensers.

Key words: seed treater, tank, fashion, flow, uniformity, pump

ВПЛИВ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ХВИЛЬ КРАЙНЬО-ВИСОКОЧАСТОТНОГО ДІАПАЗОНУ НЕТЕПЛОВОЇ ІНТЕНСИВНОСТІ НА БІОЛОГІЧНІ ОБ'ЄКТИ

**Д. Г. Войтюк, кандидат технічних наук,
член-кореспондент НААН**

**Ю. В. Човнюк, О. П. Гуцол, І. М. Сівак, Ю. О. Гуменюк,
кандидати технічних наук
e-mail: ugmsg@ukr.net**

Анотація. Проведений контент-аналіз існуючих теорій, котрі обґрунтовують і пояснюють фізичний вплив електромагнітних (міліметрових) хвиль крайньо-високочастотного (КВЧ-) діапазону нетеплової інтенсивності на біологічні об'єкти. Запропоноване використання енергозберігаючих нанотехнологій інтенсифікації росту сільськогосподарських культур та організмів.

Результатом цього є гіперактивація нейтрофіла та інгібуючий ефект випромінювання на рівні функціональної активності – генерації АФК (при активації респіраторного вибуху форболовим ефіром).

При двократному збільшенні величини магнітного поля (магнітної індукції МП) у порівнянні з фоновою змінюється напрямок ефекту ЕМВ КВЧ й зсувається резонансна частота ефекту. Вважаючи, що МП змінює спорідненість Ca^{2+} з Ca^{2+} -залежними ферментами, підвищення МП специфічним чином модифікує активність низки ключових ферментів. На фоні модифікованої ферментативної активності ЕМВ КВЧ викликає зміни, котрі у подальшому при впливі на функціональну активність нейтрофілів проявляють себе як активація синергічної реакції. На фоні зміненого функціонального статусу клітини за рахунок дії МП може стати більш ефективнішою вже інша частота КВЧ-випромінювання, тобто виникає незначний зсув резонансної частоти ефекту.

Ключові слова: електромагнітні хвилі, КВЧ-діапазон, нетеплова інтенсивність, біологічні об'єкти, енергозбереження, нанотехнології, інтенсифікація росту

Постановка проблеми. Згідно з Постановою Кабінету Міністрів України від 7.09.2011 р., №942, у якій визначений перелік пріоритетних тематичних напрямів наукових досліджень і науково-

технічних розробок на період до 2015 року дана НДР відноситься до трьох наступних:

- 1) фундаментальні проблеми науки про життя та розвиток біотехнологій;
- 2) перспективні технології АПК та переробної промисловості;
- 3) створення та застосування нанотехнологій і технологій наноматеріалів.

Аналіз останніх досліджень. Перші публікації щодо впливу електромагнітного випромінювання (ЕМВ) на живі організми датовані 1966 роком [1, 2].

Однак до теперішнього часу, не дивлячись на все більш широке визнання фахівцями високої ефективності дії ЕМВ на будь-які живі організми (від бактерій до тварин і людини) й раціональності їх використання у практичній медицині, біології, виробництві сільськогосподарської продукції, тваринництві тощо не існує достатньо нової обґрунтованої теорії, яка б роз'яснювала природу й характер цієї дії.

Розуміння дії ЕМВ на живі організми спирається на аналіз питань, які є предметом вивчення дослідників, котрі працюють у різних галузях науки: фізиці, електродинаміці надвисоких частот (НВЧ), електроніці НВЧ, кібернетиці, біофізиці, біології, нанофізиці та ін. Але основне коло уявлень пов'язане з радіофізикою. Тому вивчення у логічній послідовності різноманітних сторін проблеми впливу ЕМВ на організми, у першу чергу базується на її радіофізичних аспектах.

Відомо, що малоінтенсивні (неіонізуючі) ЕМВ нетеплового рівня потужності у діапазоні КВЧ практично не проникають у глибину тіла тварин і у глибину середовища живлення мікроорганізмів (при проникненні усього на кілька сотень мікрометрів щільність потоку потужності знижується приблизно на порядок).

Результати досліджень. Дійсно, монохроматичні (одночастотні) випромінювання розглядуваного діапазону у навколишньому середовищі відсутні; крізь атмосферу вони практично не проходять. Враховуючи, що живі організми використовують усі зовнішні фактори, котрі можуть бути корисними для їх життєдіяльності, не можна виключати ту обставину, що вони прилаштувались й до використання зазначених вище обставин. Цей дуже високочастотний діапазон (інколи його називають гіпервисокочастотний діапазон) може бути використаний живою матерією для обробки великих об'ємів інформації. Енергія квантів даного діапазону $h\nu$ (h – постійна М. Планка, ν – лінійна частота ЕМВ), з однієї сторони, менше енергії теплового руху атомів і молекул kT (k – постійна Больцмана, T – абсолютна температура;

при кімнатній температурі $kT \approx 4 \cdot 10^{-21}$ Джоулів), бо $h\nu \approx 2 \cdot 10^{-23} \dots 2 \cdot 10^{-21}$ Дж (для КВЧ та гіпервисокочастотного діапазонів, відповідно), а з іншої – набагато менше енергії навіть слабких водневих зв'язків у живих організмах, котра складає 10^{-20} Дж, й може призвести до їх розриву лише за наявності багатоквантових процесів. Відсутність пошкоджуючої дії на організм у сукупності з великою інформаційною ємкістю може сприяти використанню розглядуваних діапазонів хвиль живими організмами для зв'язку та управління, причому за невеликого рівня потужності керуючих сигналів.

Хоча ці міркування можуть бути й безпідставними, оскільки могла виникнути ситуація, за якої такі судження є справедливими для мікроорганізмів, але помилковими для тварин, рослин, чи навпаки. При всіх обставинах слід розпочинати з експериментів, причому за відсутності (інколи повної відсутності) достовірних даних – з експериментів досить різноманітних, які охоплюють живі організми різної складності організації.

Стосовно природи гострорезонансної дії ЕМВ на ліквідацію чи упередження порушень функціонування живих організмів [3–19] слід зазначити деяку специфічність вказаної дії. Основні риси (вказаної) специфічності полягають у наступному:

1) існує спільність для всіх організмів (від мікроорганізмів до ссавців) основних закономірностей впливу на них ЕМВ, що говорить про наступне: ЕМВ впливають на деякі універсальні процеси, котрі регулюють життєдіяльність;

2) біологічні ефекти не зв'язані ні з нагріванням (ніяке нагрівання звичайними методами не може викликати біологічних ефектів, аналогічних тим, що спостерігаються), ні з радіаційним руйнуванням тканин, як у випадку дії іонізуючих випромінювань);

3) не може не пригорнути увагу дослідників дуже висока для біології відтворюваність результатів експериментів: при правильній постановці й строгому відтворенні умов експерименту, при переході від одного екземпляра організму до іншого того ж виду розкид параметрів, які характеризують ефект впливу ЕМВ, набагато менше значень цих параметрів;

4) цікавою у науковому плані і важливою з точки зору практичних застосувань є наступна особливість дії ЕМВ на живі організми: вона має специфічний «лікувальний» характер. При належному виборі відповідних до характеру захворювання частот коливань ЕМВ можуть активно впливати на хворий організм до тих пір, поки він не відновиться, сприяють цьому відновленню. Після відновлення організму його подальше опромінювання ЕМВ тієї ж частоти стає нібито недієвим: характер поточного функціонування

перестає змінюватись. Однак опромінювання ЕМВ на певних частотах може підготувати організм до наступних несприятливих впливів, наприклад, до побічних дій лікувальних хімічних препаратів чи іонізуючої радіації, – зробити організм менш сприйнятливим до них. (Прилаштування до наступних несприятливих впливів схоже на ефект, який дає тренування, але здійснюване за короткий відрізок часу. Ефект тренування у результаті опромінювання ЕМВ здорового організму, який проявляє себе при наступній дії несприятливого фактору свідчить про те, що вищезгадана відсутність реакції здорового організму на випромінювання є примарним: просто незмінність поточною функціонування не є вичерпним показником змін, що відбулись).

Дані численних досліджень дозволили припустити, що отриманням робочих частот (спектру частот) ЕМВ можна досягти сприятливого впливу на хід лікування багатьох хвороб, з котрими даний вид організмів в принципі може боротися. Вилив ЕМВ підсилює й прискорює боротьбу із захворюванням, мобілізуючи для цього власні резерви організму у тій мірі, у якій він та різноманітні фактори, які порушують нормальну життєдіяльність, не вичерпали цих резервів [20].

Якісно (незворотно) змінити організм (як, наприклад, при впливі іонізуючих випромінювань) за допомогою ЕМВ не вдається, проте можна відрегулювати його функціонування у межах, притаманних даному біологічному виду, і процес регулювання має не випадковий, а відтворювальний характер.

Доцільно зупинитися на деяких відомих основних закономірностях, котрі характеризують реакцію організму (біологічного об'єкта, живого) різної складності організації на ЕМВ.

Доповнюючи й уточнюючи розібрані вище специфічні особливості дії ЕМВ, коротко зазначимо наступні закономірності, які характеризують цю дію:

1. На реакцію організмів на ЕМВ, яка визначається за деяким біологічним параметром, не впливає зміна у широких межах щільності потоку потужності: починаючи від деякого найменшого (порогового) значення щільності потоку потужності й до її значень, котрі викликають суттєвий (і помітний) ефект нагрівання тканин (тобто перевищує нагрівання $0,1^{\circ}$), біологічний ефект дії ЕМВ зберігається практично незмінним. У деяких випадках, які відносяться до опромінювання мікроорганізмів, визначений за деяким біологічним параметром ефект не змінюється при зміні щільності потоку до 10^5 разів.

2. Зміна деякого біологічного параметра (наприклад, деякої конкретної ферментативної активності) після впливу на організм

ЕМВ проявляє себе лише у вузьких смугах реально діючих на нього частот, які складають нерідко $10^{-3} \dots 10^{-4}$ середньої частоти; дане явище отримало назву гострорезонансного ефекту дії. Таких смуг, які чергуються зі смугами, у яких суттєвого, помітного ефекту (зміни цього характеру) не спостерігається, може бути доволі багато.

3. Характер гострорезонансного біологічного впливу залежить від частоти коливань: дані резонансні частоти впливають у більшій мірі на дані сторони біологічної активності, інші – на інші. На різних резонансних частотах, зафіксованих по одній біологічній реакції, характер зміни іншої реакції може бути суттєво відмінним від першої.

4. Ефект опромінювання залежить від вихідного стану організмів, які опромінюються.

5. Результати впливу ЕМВ мають запам'ятовуватись організмами на тривалий час, але для цього необхідно й достатньо тривалий час (не менше, ніж півгодини), нерідко багаторазово впливати на біологічний об'єкт ЕМВ.

6. Для тварин біологічний ефект дії ЕМВ не пов'язаний з безпосереднім впливом енергії, яка падає зовні на поверхню тіла, на орган (чи систему), який визначає, у свою чергу, функцію, що змінилась під впливом ЕМВ. Відстань від місця, на яке падає випромінювання, до відповідних органів чи систем може перевищувати у сотні тисячі разів відстань, на якій щільність потоку потужності у зв'язку із втратами у тканинах знижується на порядок. У той же час дієвість опромінювання ЕМВ різних ділянок поверхні тіла виявляється неоднаковою.

Основні гіпотези про сутність гострорезонансного впливу ЕМВ на функціонування живих організмів зводяться до наступних, викладених нижче.

1. Гіпотеза авторів робіт [14–17]. Дуже мала енергія, необхідна для створення суттєвого впливу ЕМВ на функціонування організмів; специфіка цього впливу, висока відтворюваність результатів – все це наштовхнуло дослідників на гіпотезу [14–17], що ЕМВ – не випадковий для живих організмів фактор, що подібні сигнали виробляються й використовуються у певних цілях самим організмом, а зовнішнє випромінювання (яке опромінює даний біологічний об'єкт) лише імітує сигнали, котрі виробляються даним організмом.

2. Сутність другої гіпотези, сформульованої на основі проведеного аналізу, полягає у наступному [20]. Закономірності дії на живі організми монохроматичних електромагнітних випромінювань міліметрового діапазону хвиль нетеплової інтенсивності, які спостерігаються, пояснюються тим, що, проникаючи у організм, ці випромінювання на певних (резонансних) частотах трансформуються у інформаційні сигнали, котрі

здійснюють керування та регулювання відновлювальних чи адаптаційних процесів у організмі. (Під виразами «інформаційні сигнали», «інформаційна функція», розуміють сигнали, роль котрих полягає в управлінні процесами, що відбуваються у організмі (типу: відновлюваних й адаптаційних). І ті, й інші процеси зараз об'єднані загальним терміном «адаптаційне зростання» [21]. У загальному випадку інформаційні системи – це системи обробки інформації й формування сигналів керування).

Живі організми у природних умовах не знаходяться під впливом монохроматичних електромагнітних випромінювань міліметрового діапазону хвиль, оскільки у навколишньому середовищі вони відсутні. Яким же чином всі організми від бактерій до людини у процесі еволюції виробили специфічну (залежну від частоти коливань) реакцію на ці випромінювання? Інформаційній гіпотезі даний факт не суперечить, оскільки згідно з цією гіпотезою ефективність дії зовнішніх монохроматичних випромінювань пояснюється тим, що проникаючи у організм, вони трансформуються у сигнали, подібні інформаційним сигналам, які виробляються самим організмом для регуляції процесу свого відновлення чи прилаштування/адаптації до зміни умов існування. Наявність таких самих випромінювань у навколишньому середовищі порушувало б роботу інформаційної системи організму, вносячи різноманітні завади, шуми. Тому використання у внутрішній інформаційній системі сигналів управління, у які наявне у навколишньому середовищі випромінювання перетворитись/трансформуватись нездатне, стає біологічно доцільним.

З точки зору обґрунтування інформаційної природи дії ЕМВ на живі організми суттєвим є те, що інформативність та інформаційна цінність енергії (відношення кількості обробленої інформації до енергетичних витрат на її обробку) для міліметрового діапазону виключно високі, зокрема, суттєво перевищують у живих організмів значення вказаних параметрів для оптичного чи НВЧ – діапазонів.

Слід також зазначити наступне. Характер біологічного відгуку організму залежить від частоти реально діючих/впливаючих на нього хвиль, причому кожна конкретна дія має місце лише у вузьких смугах частот. На інших частотах ця дія може й не існувати, а може мати місце якісно чи кількісно існуюча дія (у тому числі повна відсутність будь-якої дії [8, 9, 13, 19]). Інакше кажучи, частоти коливань визначають характер дії випромінювань, що розглядаються, на організм, тобто частота є носієм інформації.

3. До проблеми резонансних біоефектів тісно приєднується гіпотеза про можливу так звану інформаційну дію ЕМВ. У 1964 р. А. С. Пресман сформулював гіпотезу про так звану інформаційну

значущість ЕМВ [22, 23]. На думку К. А. Іванова-Муромського [24], біологічна дія та роль ЕМВ у організмі повинна розглядатись не тільки з позиції енергетичних ефектів, але й з точки зору інформаційної взаємодії з біологічними підсистемами. Були отримані результати, які показують роль модуляції ЕМВ при зміні імунологічного статусу експериментальних тварин [25, 26].

4. Гіпотеза авторів робіт [27–29]. Міліметровий діапазон хвиль ($f=30\ldots300$ ГГц) характеризується низкою особливостей, при розповсюдженні у атмосфері Землі й впливі на живі організми. Земна атмосфера перешкоджає розповсюдженню більшості міліметрових хвиль, що пов'язано з поглинанням випромінювань мм-діапазону молекулами кисню та парів води. Дослідниками зафіксовані максимуми поглинання (резонансні поглинання) водних парів на частотах 26 та 188 ГГц. Атмосферний кисень має максимум поглинання на частотах 60 ГГц та 118,7 ГГц, причому у діапазоні частот 50...80 ГГц мінімальне послаблення не опускається нижче 1 дБ/км (на границях діапазону). Резонанси поглинання характеризуються широкою смугою й незначною крутістю характеристики (пологим резонансом). Подібні «резонанси поглинання» пологого типу знайдені й при опромінюванні людини у діапазоні 53–64 ГГц. Крім того, поряд з дивними загороджуючими властивостями атмосфери Землі, яка не пропускає окремі спектри частот мм-діапазону з космосу, у цьому діапазоні є також вікна прозорості на частотах з довжиною хвиль 8,6 мм, 3,2 мм, 2,1 мм та 1,2 мм, де послаблення складає всього 0,5...0,05 дБ/км. За допомогою спеціального радіометра досліджені властивості й особливості розповсюдження хвиль мм-діапазону у атмосфері.

Такий радіометр був використаний для вимірювання випромінювання людини у мм-діапазоні, котре складало $\sim 1 \cdot 10^{-21} \ldots 1 \cdot 10^{-22} \text{ Вт}/(\text{Гц} \cdot \text{см}^2)$.

Автори [27–29] вважають, що електромагнітні властивості води, як найбільш вагомий компоненти всіх живих істот (об'єм її у організмі складає від 30% до 80%), такі, що вона активно поглинає й випромінює електромагнітні коливання мм-діапазону.

Частотні властивості води вивчені при температурі $t \approx 37^\circ \text{C}$ у діапазоні частот 53–64 ГГц підтверджують рівномірний рівень потужності, котрий на частоті $f=60$ ГГц складає $P_{\text{випр}} \approx 0,5 \cdot 10^{-21} \frac{\text{Вт}}{(\text{Гц} \cdot \text{см}^2)}$, тобто такий самий, як і людського тіла.

Отже, електромагнітне мікрохвильове випромінювання води є поточним стимулятором живого організму й виконує нормалізуючу дію у ньому.

5. Гіпотеза авторів роботи [30]. Відомо, що електромагнітні поля можуть мати виражену імуномодельюючу дію, змінюючи функціональний статус елементів імунної системи. Зокрема, ЕМВ КВЧ-діапазону низької інтенсивності інгібує продукцію активних форм кисню (АФК) нейтрофілами. Ефективність дії ЕМВ КВЧ-діапазону на продукцію АФК нейтрофілами залежить як від їх функціонального стану, зокрема, від рівня активності ферментів, контролюючих цикл арахідонової кислоти, так і від фізичних параметрів випромінювання – інтенсивності, несучої та модельюючої частот. Автори вказаної роботи припускають, що крім цих фізичних параметрів, ефективність дії ЕМВ КВЧ-діапазону може залежати від величини магнітної індукції прикладеного до об'єкта постійного магнітного поля (МП). Ефект змінного магнітного поля залежить від величини постійного магнітного поля. Крім того, на користь такого припущення свідчить та обставина, що як ЕМВ КВЧ-діапазону, так і змінне магнітне поле впливають на кальцій залежні процеси. Це означає, що молекулярно-клітинні мішені для ЕМВ КВЧ-діапазону й змінного магнітного поля можуть бути схожими, й ця обставина призводить до думки про необхідність пошуку загальних моментів у механізмах дії електромагнітного й змінного магнітного полів, котрі кардинально ($\sim 10^9$) розрізняються за частотою.

При величині магнітної індукції МП, яке може бути одного порядку з фоновою величиною магнітної індукції геомагнітного поля Землі (≈ 50 мкТл), резонансне інгібування синергічної реакції при дії ЕМВ КВЧ може бути обумовлене впливом випромінювання на Ca^{2+} -залежні системи внутрішньоклітинної сигналізації нейтрофілів. Ефект проявляє себе тільки при наявності потоків іонів Ca^{2+} через плазматичну мембрану й при підвищеній $[\text{Ca}^{2+}]_i$. Можливо, що ЕМВ КВЧ ($f_{\text{несуча}} \approx 42$ ГГц) змінює $[\text{Ca}^{2+}]_i$ чи спорідненість ключових ферментів до іонів Ca^{2+} , тим самим ведучи до активації низки Ca^{2+} – залежних ферментів й зміщенню рівноваги внутрішньоклітинних сигнальних систем у бік позитивних зворотних зв'язків. Результатом цього є гіперактивація нейтрофіла та інгібуючий ефект випромінювання на рівні функціональної активності – генерації АФК (при активації респіраторного вибуху форболовим ефіром). При двократному збільшенні величини магнітного поля (магнітної індукції МП) у порівнянні з фоновою змінюється напрямок ефекту ЕМВ КВЧ й зсувається резонансна частота ефекту. Вважаючи, що МП змінює спорідненість Ca^{2+} з Ca^{2+} -залежними ферментами, підвищення МП специфічним чином модифікує активність низки ключових ферментів. На фоні модифікованої ферментативної активності ЕМВ КВЧ викликає зміни, котрі у подальшому при впливі на функціональну активність нейтрофілів

проявляють себе як активація синергічної реакції. На фоні зміненого функціонального статусу клітини за рахунок дії МП може стати більш ефективнішою вже інша частота КВЧ-випромінювання, тобто виникає незначний зсув резонансної частоти ефекту.

Список літератури

1. *Девятков Н. Д.* Развитие работ в области исследования нетепловых эффектов миллиметрового излучения / *Н. Д. Девятков* // Эффекты нетеплового воздействия миллиметрового излучения на биологические объекты: Сб. статей / Под ред. *Н. Д. Девяткова*. – М: ИРЭ АН СССР, 1983. – С. 3–6.
2. *Влияние* миллиметровых волн на микрофлору воздуха помещений / *В. Г. Адаменко, Р. Л. Виленская, И. Б. Голант* и др. // Электронная техника. Сер. Электроника СВЧ. – 1966. – Вып. 12. – С. 132–136.
3. *Воздействие* электромагнитных колебаний миллиметрового диапазона волн на биологические системы / *Н. Д. Девятков, О. В. Бецкий, Е. А. Гельвич* и др. // Радиобиология. – 1981. – Т. 21, №2. – С. 163–171.
4. *Резонансные* явления при действии электромагнитных волн миллиметрового диапазона на биологические объекты / *А. З. Смоленская, Е. А. Гельвич, М. Б. Голант, А. М. Махов* // Успехи современной биологии. – 1979. – Т. 87, №3. – С. 381–392.
5. *Некоторые* вопросы методики и результаты экспериментального исследования воздействий СВЧ на микроорганизмы и животных / *Э. Б. Базанова, А. К. Брюхова, Р. Л. Виленская* и др. // Успехи физических наук. – 1973. – Т. 110, вып. 3. – С. 455–456.
6. *Голант М. Б.* Влияние монохроматических электромагнитных излучений миллиметрового диапазона малой мощности на биологические процессы / *М. Б. Голант* // Биофизика. – 1986. – Т. 31, вып. 1. – С. 139–147.
7. *Dardelhon M.* Determination of a Thermal Equivalent of Millimeter Microwaves in Living Cells / *Dardelhon M., Averbek D., Berteand A.* // J. Microwave Power. – 1979. – №14. – P. 307–312.
8. *Научная сессия* отделения общей физики и астрономии АН СССР (17 – 18 января 1973 г.) // Успехи физических наук. – 1973. – Т. 110, вып.3. – С. 456–460.
9. *Gründler W.* Sharp Resonances in Yeast Growth Prove Nonthermal Sensitivity in Microwaves / *Gründler W., Keilwann F.* // Phys. Rev. Letters. – 1983. – Vol. 51, №13. – P. 1214–1216.
10. *Девятков Н. Д.* Радиоэлектроника и медицина / *Девятков Н. Д., Голант М. Б., Петрова Т. Б.* // Радиоэлектроника. – 1982. – Т. 25. – №9. – С. 3–8.
11. *Webb S. J.* Factors Affecting the Induction of Lambda Prophages by Microwaves / *Webb S. J.* // Phys. Letters. – 1979. – Vol. 73A, № 2. – P. 145–148.
12. *Резонансный* характер воздействий радиоволн миллиметрового диапазона на биологические системы / *Л. А. Севастьянова, А. Г. Бородин, Э. С. Зубенкова* и др. // Эффекты нетеплового воздействия миллиметрового излучения на биологические объекты: Сб. статей / Под ред. *Н. Д. Девяткова*. – М.: ИРЭ АН СССР, 1983. – С. 34–37.
13. *Андреев Е. А.* Проявление собственных характеристических частот организма человека / *Андреев Е. А., Белый М. У., Ситько С. П.* // Доклады АН УССР, сер. Е. – 1984. – №10. – С. 60–63.
14. *Радиофизические* аспекты использования в медицине энергетических и информационных воздействий электромагнитных колебаний / *Н. Д. Девятков, Э. А. Гельвич, М. Б. Голант* и др. // Электронная техника. Сер. Электроника СВЧ. – 1981. – Вып. 9 (333). – С. 43–50.

15. *Девятков Н. Д.* Об информационной сущности нетепловых и некоторых энергетических воздействий электромагнитных колебаний на живой организм / *Н. Д. Девятков, М. Б. Голант* // Письма в ЖТФ. – 1982. – Т. 8, вып. 1. – С. 39–41.
16. *Fröhlich H.* The Biological Effects of Millimeter Waves Models Photoresponsiveness / *Fröhlich H.* // Proc. NATO Adv. study Inst. (San Moniato 29 Aug – 8 Sept 1982). – New York, London. – 1983. – P. 30–42.
17. *Девятков Н. Д.* Научное обоснование возможности использования электромагнитных излучений миллиметрового диапазона малой мощности в медицине и биологии / *Девятков Н. Д., Бецкий О. В., Голант М. Б.* // Биологические эффекты электромагнитных полей. Вопросы их использования и нормирования. – Пушино: Научный центр биологических исследований АН СССР. – 1986. – С. 75–94.
18. *Перспективные исследования и методы для медицины и биологии* // Электронная промышленность. – 1985. – Вып. 1. – С. 6–13, а также 1987. – Вып. 1. – С. 30–36.
19. *Возможность регулирования жизнедеятельности микроорганизмов при воздействии на них электромагнитных колебаний миллиметрового диапазона* / *М. Б. Голант, А. К. Брюхова, Е. А. Двадцатова* и др. // Эффекты нетеплового воздействия миллиметрового излучения на биологические объекты: Сб. статей / Под. ред. *Н. Д. Девяткова*. – М.: ИРЭ АН СССР. – 1983. – С. 115–122.
20. *Девятков Н. Д.* Миллиметровые волны и их роль в процессах жизнедеятельности / *Девятков Н. Д., Голант М. Б., Бецкий О. В.* – М.: Радио и связь, 1991. – 168 с.
21. *Бабаева А. Г.* Иммунология процессов адаптивного роста, пролиферации и их нарушений / *А. Г. Бабаева, Е. А. Зотилов*. – М.: Наука, 1987. – 207 с.
22. *Пресман А. С.* Биофизика / *А. С. Пресман*. – 1964. – Т. 9, вып.1. – С. 131–134.
23. *Пресман А. С.* Электромагнитные поля и живая природа / *А. С. Пресман*. – М.: Наука, 1968. – 288 с.
24. *Иванов-Муромский К. А.* Электромагнитная биология / *К. А. Иванов-Муромский*. – К.: Наукова думка, 1977. – 77 с.
25. *Veyret B., Bouthet C.P., Deschaux P., et al.* // Bioelectromagnetics. – 1991. – Vol. 12. – P. 47–56.
26. *Григорьев Ю. Г.* Роль модуляции в биологическом действии электромагнитного излучения / *Ю. Г. Григорьев* // Радиационная биология. Радиоэкология. – 1996. – Т. 36. – Вып. 5. – С. 659–670.
27. *Ситько С. П.* Введение в квантовую медицину / *С. П. Ситько, Л. Н. Мкртчян*. – К.: Паттерн, 1994. – 146 с.
28. *Ситько С. П.* Пряма реєстрація нерівноважного електромагнітного випромінювання людини в мм-діапазоні / *С. П. Ситько, О. П. Яненко* // Фізика живого. – 1997. – Т. 5, №2. – С. 60.
29. *Ситько С. П.* Природные феномены микроволн и их возможное использование / *Ситько С. П., Скрипник Ю. А., Яненко А. Ф.* // Труды IV Международной научн.-практич. конф. «Современные информационные и энергосберегающие технологии жизнеобеспечение человека». СИЭТ-4-98. – Вып. 4 (в пяти книгах). Севастополь, 7–11 сентября 1998 г. – К., 1998. – С. 4–7.
30. *Галеев А. Б.* Зависимости эффектов ЭМИ КВЧ от величины постоянного магнитного поля / *А. Б. Галеев, В. С. Якушина, Н. К. Чемерис, Е. Е. Фесенко* // Доклад АН России. – 1999. – Т. 369. – №3. – С. 404–407.

References

1. *Devyatkov, N. D.* (1983). Razvitye rabot v oblasti yssledovaniya neteplovykh éffektov myllymetrovoho yzlucheniya [The development of works in the study of nonthermal effects of millimeter radiation]. The effects of nonthermal effects of mm radiation on biological objects: Sb. statey / Pod red. N. D. Devyatkov. M: YRE AN SSSR, 3–6.
2. *Vlyyanye myllymetrovykh voln na mykrofloru vozdukha pomeschenyy* (1986). [Effect of millimeter waves on the microflora of indoor air]. Electronic equipment. Ser. Microwave electronics, Vyp. 12, 132–136.
3. *Vozdeystviye elektromahnytnykh kolebanyy myllymetrovoho dyapazona voln na byolohycheskiye systemy* (1981). [The impact of electromagnetic waves of millimeter waves on biological systems]. Radiobiology, T. 21, №2, 163–171.
4. *Rezonansnye yavleniya pry deystviy elektromahnytnykh voln myllymetrovoho dyapazona na byolohycheskiye obekty* (1979). [Resonance phenomena in longevity of electromagnetic waves of millimeter range on biological objects]/ The successes of modern biology, T. 87, №3, 381–392.
5. *Nekotorye voprosy metodyky y rezul'taty eksperimental'nogo yssledovaniya vozdeystviy SVCh na mykroorhanyzmy y zhyvotnykh* (1973). [Some questions of methodology and results of an experimental study of the effects of microwave on microorganisms and animals]. Advances in physical Sciences, T. 110, vyp. 3, 455–456.
6. *Holant, M. B.* (1986). Vlyyanye monokhromatycheskykh elektromahnytnykh yzuchenyy myllymetrovoho dyapazona maloy moshchnosty na byolohycheskiye protsessy [The influence of monochromatic electromagnetic radiation of millimeter band low-power biological processes]. Biophysics, T. 31, vyp. 1, 139–147.
7. *Dardelhon, M.* (1979). Determination of a Thermal Equivalent of Millimeter Microwaves in Living Cells. J. Microwave Power, 14, 307–312.
8. *Nauchnaya sessiya otdeleniya obshchey fizyky y astronomyy AN SSSR* (1973). [Scientific session of the division of General physics and astronomers of the USSR] (17–18 yanvarya 1973 h.) // Advances in physical Sciences, T. 110, vyp. 3, 456–460.
9. *Gründler, W., Keilwann, F.* (1983). Sharp Resonances in Yeast Growth Prove Nonthermal Sensitivity in Microwaves. Phys. Rev. Letters, Vol. 51, 13, 1214–1216.
10. *Devyatkov, N. D., Holant, M. B., Petrova, T. B.* (1982). Radyoelektronika y medytyna [Electronics and medicine]. RadioElectronics, T. 25, 9, 3–8.
11. *Webb, S. J.* (1979). Factors Affecting the Induction of Lambda Prophages by Microwaves. Phys. Letters, Vol. 73A, 2, 145–148.
12. *Rezonansnyy kharakter vozdeystviy radyovoln myllymetrovoho dyapazona na byolohycheskiye systemy* (1983). [The resonant nature of the effects of radiowaves of millimeter range on biological systems]/ The effects of nonthermal effects of mm radiation on biological objects: Sb. statey. M.: YRE AN SSSR, 34–37.
13. *Andreev, E. A., Belyy, M. U., Syt'ko, S. P.* (1984). Proyavlenye sobstvennykh kharakterystycheskykh chastot orhanyzma cheloveka [The manifestation of his own characteristic frequencies of the human body]. Doklady AN USSR, ser. E, 10, 60–63.
14. *Radyofyzycheskiye aspekty yspol'zovaniya v medytseye enerhetycheskykh y ynformatsyonnykh vozdeystviy elektromahnytnykh kolebanyy* (1981). [Radiophysical aspects of the use in medicine of energetic and informational effects of electromagnetic oscillations]. Electronic equipment. Ser. Microwave electronics, Vyp. 9 (333), 43–50.
15. *Devyatkov, N. D., Holant, M. B.* (1982). Ob ynformatsyonnoy sushchnosti neteplovykh y nekotorykh énerhetycheskykh vozdeystviy elektromahnytnykh kolebanyy na zhyvoy orhanyzm [About information entities and some non-thermal

- energy effects of electromagnetic waves on living organisms]. *Pys'ma v ZhTF*, T. 8, vyp. 1, 39–41.
16. *Fröhlich, H.* (1983). The Biological Effects of Millimeter Waves Models Photoresponsiveness. Proc. NATO Adv. study Inst. (San Moniato 29 Aug – 8 Sept 1982), New York, London, 30–42.
 17. *Devyatkov, N. D., Betskyy, O. V., Holant, M. B.* (1986). Nauchnoe obosnovanye vozmozhnosty yspol'zovanyya elektromahnytnykh yzluchenyy myllymetrovoho dyapazona maloy moshchnosti v medytsyne y byolohyy [Scientific substantiation of the possibility of using electromagnetic radiation of millimeter range low power in medicine and biology]. Biological effects of electromagnetic fields. Questions their use and regulation. Pushchyno: Nauchnyy tsentr byolohycheskykh yssledovanyy AN SSSR, 75–94.
 18. *Perspektyvnye yssledovanyya y metody dlya medytsyny y byolohyy* (1985). [Advanced research and techniques for medicine and biology] // *Electronic engineering*, Vyp. 1, 6–13, a takzhe 1987, Vyp. 1, 30–36.
 19. *Vozmozhnost' rehulyrovanyya zhyznedeyatel'nosti mykroorhanyzmov pry vozdeystvyy na nykh elektromahnytnykh kolebanyy myllymetrovoho dyapazona* (1983). [The ability to control the micro-organisms when exposed to electromagnetic waves of a millimetric range]. The effects of nonthermal effects of mm radiation on biological objects : Sb. statey. M.: YRE AN SSSR, 115–122.
 20. *Devyatkov N. D., Holant, M. B., Betskyy, O. V.* (1991). Myllymetrovy volny y ykh rol' v protsessakh zhyznedeyatel'nosti [Millimeter waves and their role in the processes of life]. M.: Radyo y svyaz', 168.
 21. *Babaeva, A. H., Zotykov, E. A.* (1987). Immunolohyya protsessov adaptivnoho rosta, prolyferatsyy y ykh narushenyy [Immunology adaptive processes of growth, proliferation, and violations]. M.: Nauka, 207.
 22. *Presman, A. S.* (1964). Byofyzyka [Biophysics]. T. 9, vyp. 1, 131–134.
 23. *Presman, A. S.* (1968). Elektromahnytnye polya y zhyvaya pryroda [Electromagnetic fields and living nature]. M.: Nauka, 288.
 24. *Ivanov-Muromskyy, K. A.* (1977). Elektromahnytnaya byolohyya [Electromagnetic biology]. K.: Naukova dumka, 77.
 25. *Veyret, B., Bouthet, C.P., Deschaux, P., et al.* (1991). // *Bioelectromagnetics*, Vol. 12, 47–56.
 26. *Hryhor'ev, Yu. H.* (1996). Rol' modulyatsyy v byolohycheskom deystvyy elektromahnytnoho yzluchenyya [The role of modulation in biological longevity of electromagnetic radiation]/ *Radiation biology. Radioecology*, T. 36, Vyp. 5, 659–670.
 27. *Syt'ko, S. P., Mkrtchyan, L. N.* (1994). Vvedenye v kvantovuyu medytsynu [Introduction to quantum medicine]. K.: Pattern, 146.
 28. *Sit'ko, S. P., Yanenko, O. P.* (1997). Pryama reyestratsiya nerivnovazhnoho elektromahnitnoho vyprominyuvannya lyudyny v mm-diapazoni [Direct registration of non-equilibrium of human electromagnetic radiation in mm-range]. *Physics of the living*, T. 5, № 2, 60.
 29. *Syt'ko, S. P.* (1998). Pryrodnye fenomeny mykrovoln y ykh vozmozhnoe yspol'zovanye [Natural phenomena of microwaves and their possible use] / *Syt'ko S. P., Skrypnyk, Yu. A., Yanenko, A. F.* // *Trudy IV Mezhdunarodnoy nauchn.-praktych. konf. «Sovremennyye ynformatsyonnye y enerhosberehayushchyye tekhnolohyy zhyzneobespechenye cheloveka»*. SYET-4-98. Vyp. 4 (v pyaty knyhakh). Sevastopol', 7–11 sentyabrya 1998 h, 4–7.
 30. *Hapeev, A. B., Yakushyna, V. S., Chemerys, N. K., Fesenko, E. E.* (1999). Zavysymosti effektov ЭМВ КВЧ от velychyny postoyannoho mahnytnoho polya [Based on effects of EMR UHF on the magnitude of a constant magnetic field]. *Doklad AN Rossyy*, T. 369, 3, 404–407.

**ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН КРАЙНЕ-
ВЫСОКОЧАСТОТНОГО ДИАПАЗОНА НЕТЕПЛОВОЙ
ИНТЕНСИВНОСТИ НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОБЪЕКТЫ**
*Д. Г. Войтюк, Ю. В. Човнюк, А. П. Гуцол, И. Н. Сивак,
Ю. О. Гуменюк*

Аннотация. Проведен контент-анализ существующих теорий, которые обосновывают и объясняют физическое воздействие электромагнитных (миллиметровых) волн крайне-высокочастотного (КВЧ-) диапазона нетепловой интенсивности на биологические объекты. Предложенное использование энергосберегающих нанотехнологий интенсификации роста сельскохозяйственных культур и организмов.

Результатом этого является гиперактивация нейтрофела и ингибирующий эффект излучения на уровне функциональной активности генерации АФК (при активации респираторного взрыва форболовим эфиром).

При двукратном увеличении величины магнитного поля (магнитной индукции МП) по сравнению с фоновой меняется направление эффекта ЭМИ КВЧ и сдвигается резонансная частота эффекта. Полагая, что МП изменяет сродство Ca^{2+} с Ca^{2+} -зависимыми ферментами, повышение МП специфическим образом модифицирует активность ряда ключевых ферментов. На фоне модифицированной ферментативной активности ЭМИ КВЧ вызывает изменения, которые в дальнейшем при воздействии на функциональную активность нейтрофилов проявляют себя как активация синергической реакции. На фоне измененного функционального статуса клетки за счет действия МП может стать более эффективной уже другая частота КВЧ-излучения, то есть возникает незначительный сдвиг резонансной частоты эффекта.

Ключевые слова: электромагнитные волны, КВЧ-диапазон, нетепловая интенсивность, биологические объекты, энергосбережение, нанотехнологии, интенсификация роста

**EFFECT OF ELECTROMAGNETIC WAVES OF EXTREMELY
HIGH FREQUENCY RANGE OF NON-THERMAL INTENSITY
ON BIOLOGICAL OBJECTS**

*D. G. Voytyuk, Yu. V. Chovnyuk, O. P. Gutsol, I. M. Sivak,
Yu. O. Gumenyuk*

Abstract. Conducted content analysis of existing theories that justify and explain the physical effects of electromagnetic (mm) waves extremely high frequency (EHF) range of non-thermal intensity on biological objects. Proposed use of energy-saving nanotechnologies intensify the growth of crops and organisms.

The result is a Hyper-activation nitrate and the inhibitory effect of radiation on the functional activity of the ROS generation (with the activation of respiratory explosion turbolover ether).

When two-fold increase in the magnitude of the magnetic field (magnetic induction MP) compared to the background changes the direction of the effect of EMR UHF and shifts the resonant frequency effect. Assuming that MP alters the affinity Ca^{2+} with Ca^{2+} -dependent enzymes, increase MP specific way modifies the activity of some key enzymes. On the background of the modified enzymatic activity of EMR UHF is changing that in the future if the impact on functional activity of neutrophils are manifested as activation of synergistic reactions. On the background of the changed functional status of the cell due to the action of MP can become more effective is another frequency of EHF-radiation, so there is a slight shift of the resonance frequency of the effect.

Key words: *electromagnetic wave, UHF band, non-thermal intensity, biological objects, energy conservation, nanotechnology, intensification of growth*

УДК 661.722:663.15:664.788.2:543.42

ФЕРМЕНТУВАННЯ СОРГОЦУКРОВОГО СОКУ *SACCHAROMYCES CEREVISIAE* ДЛЯ ОТРИМАННЯ ТА АНАЛІЗУВАННЯ ЛЕТКИХ БІОПАЛИВНИХ КОМПОНЕНТІВ

О. І. Володько, здобувач*

Г. В. Лантух, кандидат хімічних наук

К. М. Лукашевич, інженер

А. Г. Новак, хімік

С. П. Циганков, доктор технічних наук

Державна установа «Інститут харчової біотехнології та геноміки НАН України»

E-mail: vilforr@gmail.com

Анотація. Сучасні світові тенденції в енергетиці в розвинених країнах світу спрямовані на всебічне використання поновлюваних джерел енергії через негативний екологічний вплив промисловості та транспорту, що використовують викопні джерела енергії. Україна, маючи один з найбільших потенціалів в Європі в аграрній сфері, не використовує в повній мірі поновлювальні джерела енергії з фітомаси. Одним з

***Науковий керівник – доктор технічних наук С. П. Циганков**

© О. І. Володько, Г. В. Лантух, К. М. Лукашевич, А. Г. Новак, С. П. Циганков, 2016

The result is a Hyper-activation nitrate and the inhibitory effect of radiation on the functional activity of the ROS generation (with the activation of respiratory explosion turbolover ether).

When two-fold increase in the magnitude of the magnetic field (magnetic induction MP) compared to the background changes the direction of the effect of EMR UHF and shifts the resonant frequency effect. Assuming that MP alters the affinity Ca^{2+} with Ca^{2+} -dependent enzymes, increase MP specific way modifies the activity of some key enzymes. On the background of the modified enzymatic activity of EMR UHF is changing that in the future if the impact on functional activity of neutrophils are manifested as activation of synergistic reactions. On the background of the changed functional status of the cell due to the action of MP can become more effective is another frequency of EHF-radiation, so there is a slight shift of the resonance frequency of the effect.

Key words: *electromagnetic wave, UHF band, non-thermal intensity, biological objects, energy conservation, nanotechnology, intensification of growth*

УДК 661.722:663.15:664.788.2:543.42

ФЕРМЕНТУВАННЯ СОРГОЦУКРОВОГО СОКУ *SACCHAROMYCES CEREVISIAE* ДЛЯ ОТРИМАННЯ ТА АНАЛІЗУВАННЯ ЛЕТКИХ БІОПАЛИВНИХ КОМПОНЕНТІВ

О. І. Володько, здобувач*

Г. В. Лантух, кандидат хімічних наук

К. М. Лукашевич, інженер

А. Г. Новак, хімік

С. П. Циганков, доктор технічних наук

Державна установа «Інститут харчової біотехнології та геноміки НАН України»

E-mail: vilforr@gmail.com

Анотація. Сучасні світові тенденції в енергетиці в розвинених країнах світу спрямовані на всебічне використання поновлюваних джерел енергії через негативний екологічний вплив промисловості та транспорту, що використовують викопні джерела енергії. Україна, маючи один з найбільших потенціалів в Європі в аграрній сфері, не використовує в повній мірі поновлювальні джерела енергії з фітомаси. Одним з

***Науковий керівник – доктор технічних наук С. П. Циганков**

© О. І. Володько, Г. В. Лантух, К. М. Лукашевич, А. Г. Новак, С. П. Циганков, 2016

найрентабельніших та простих методів отримання екологічно чистого рідинного пального є виробництво біоетанолу.

Для його виробництва цукрове сорго може доповнити традиційну сировину для України – бурякоцукрову мелясу, запаси якої є обмежені.

Робота спрямована на впровадження біотехнологій перероблення цукрів сорго в етанол шляхом пристосування технологій зброджування меляси до соргоцукрових соків та сиропів. Зокрема, в роботі проведено ферментування в умовах діючого заводу соргоцукрового соку, отриманого в Сумській обл., з метою встановлення кінетичних параметрів ферментації, та аналізування отриманих летких речовин, з метою їх використання як компонентів суміші з бензином.

В роботі наведено хімічний склад отриманого соргоцукрового соку сорту "Мамонт". Зокрема сік містить гетерогенний склад цукрів: сахароза 68% та інвертний цукор 32%, що може впливати на кінетику зброджування.

Проведено анаеробне ферментування нативного соку цукрового сорго з використанням промислового штаму *Saccharomyces cerevisiae* M5. За допомогою методу газової хроматографії повного випаровування досліджена динаміка змін концентрації етанолу у сферментованій культуральній рідині, що набуває максимального значення (5 % об.) через 15-16 годин після внесення інокуляту, продуктивність за етанолом становить $2,63 \text{ г} \times \text{л}^{-1} \times \text{год}^{-1}$.

Методом парофазної газової хроматографії проаналізовано вміст летких метаболітів у культуральній рідині до і після відгання. Встановлено, що такі компоненти сферментованої культуральної рідини як оцтовий альдегід, ацетон, ізобутанол та 1-пропанол відганяються лише на 40–60 %.

Результати роботи демонструють можливість зброджування цукрів сорго штамом *S. cerevisiae* M5 з високою продуктивністю за етанолом.

Ключові слова: ферментування, соргоцукровий сік, етанол, парофазний газохроматографічний аналіз

Постановка проблеми. З розвитком промисловості зростає потреба у викопному паливі, що збільшує негативні екологічні наслідки. Альтернативою викопному паливу є відновлювана енергетика [1]. Етанол як біопаливо, є одним із важливих замінників рідинного викопного палива, який отримують шляхом ферментування цукрів, джерелом яких є цукро- та крохмалевмісні рослини, лігноцелюозна біомаса і побічні продукти агропромислової галузі [2].

Як альтернативне джерело енергетичної сировини (зокрема цукрів) в Україні останнім часом стали приділяти увагу цукровому сорго (*Sorghum saccharatum*) [3]. До того ж на існуючих біоетанольних заводах спостерігається дефіцит традиційної цукровмисної сировини – бурякоцукрової меляси. Тому ведуться роботи із створення вітчизняних районованих високопродуктивних сортів цукрового сорго, розробляються агротехнічні методи сівби, оброблення та контролювання якості соргоцукрових посівів, технології перероблення соргоцукрової фітомаси [4, 5, 6].

Таким чином, для створення біотехнології перероблення соргоцукрової фітомаси в біоетанол необхідно вивчення та оптимізація ключових технологічних рішень з метою використання легких компонентів спиртового бродіння цукрів сорго в якості складника рідинного палива.

Аналіз останніх досліджень. Біоетанол (суміші етанолу та інших легколетких одноатомних спиртів, естерів) як складник бензину широко використовується в Бразилії, США, Індії, Таїланді, Китаї [7–10]. В публікаціях наводяться умови, кінетичні параметри ферментування соргоцукрових соків різних сортів сорго місцевими та комерційними штамами дріжджів. Відмінності та протиріччя в літературних статтях різних авторів головним чином зумовлені специфікою штамів, відмінністю хімічного складу соку сорго, що в свою чергу залежить від сорту рослини та агрономії, а також умовами ферментування (концентрація цукрів, інокуляційних дріжджів та інтенсивністю тепло- та масообмінних процесів в колбі чи ферментаторі [11–13].

Доведено, що на вихід та склад легких речовин (ЛР), що утворюються в процесі ферментування поживного середовища дріжджами, впливає якість субстрату та умови ферментаційного процесу, які складаються з багатьох фізико-хімічних, біологічних чинників [11]. У свою чергу, склад ЛР визначає властивості паливної суміші з бензином [14]. Тому газохроматографічне визначення компонентів ЛР в експериментах проводиться з метою їх ідентифікування та визначення кількісного вмісту, а безпосередньо на виробництві – для контролювання якості готової продукції [15, 16].

Мета досліджень полягала у проведенні ферментування культуральної рідини на основі нативного соку цукрового сорго дріжджами *Saccharomyces cerevisiae* M5, вирощеними на цьому ж соку, а також у визначенні супровідних легких речовин методом парофазного газохромато-графічного аналізу. Цукрове сорго сорту «Мамонт» було вирощено на сільгоспугіддях Лебединського району Сумської обл. Подрібнену фітомасу відтискали на промисловому тривальцевому пресі [17]. Соргоцукровий сік аналізували за такими показниками: загальний вміст сухих речовин (СР) % за допомогою

цукрометра або рефрактометра УРЛ–1; загальна кислотність (титрування з NaOH); вміст загального нітрогену по К'ельдалю [18]; редукувальні речовини, сахароза, загальні цукри в перерахунку на глюкозу (сума редукувальних речовин та сахарози) та крохмаль визначали пристосованим до соргоцукрового соку методом Лейна та Ейтона (ISO 5377:1981) [19] після прояснення соку 30 % ацетатом плюмбуму, інверсією сахарози та гідролізом крохмалю. Інверсію сахарози проводили за допомогою соляної кислоти при температурі 68-70 °C впродовж 5 хв. [20]. Крохмаль гідролізували за допомогою розведеної соляної кислоти при нагріванні на водяній бані впродовж 3 годин [21]. Якість соку визначали відношенням зброджуваних цукрів до загальних СР соку. рН вимірювали рН-метром рН-150М. При необхідності зразки соку зберігали для подальших експериментів в морозильній камері при – 20 °C.

У роботі використовували промисловий штам *S. cerevisiae* M5 з колекції штамів мікроорганізмів та ліній рослин Державної установи „Інститут харчової біотехнології та геноміки НАН України”. Засівний матеріал отримували в процесі дріжджогенерування на середовищі з пастеризованого соргоцукрового соку в ферментаторі – апараті чистої культури (АЧК), об'ємом 7,5 м³ при температурі 28–30 °C та аерацією повітрям інтенсивністю 3 м³/м³ годину [17]. Вхідні дріжджі отримували з робочих дріжджогенераторів підприємства, що працює по безперервному способу ферментування мелясного сусла підвищеної концентрації. Відповідно до технологічного регламенту заводу, дріжджі вирощувалися на мелясному суслі з 15 % СР, з додаванням 0,15 % ортофосфорної кислоти та 0,1 % карбаміду до маси меляси. Додаткові солі для живлення дріжджів не вносили.

Анаеробну фазу ферментування проводили в трьох колбах Ерленмейера об'ємом 2 л з гідрозамикачем при 30 °C у статичних умовах. Вносили нативний не пастеризований соргоцукровий сік та засівні дріжджі (інокулят) у співвідношенні 2:1 по об'єму – початковий об'єм культуральної рідини становив 1,5 л. Інокулят вносили з дріжджогенератора в експоненційній фазі – при зниженні видимої густини на 4 % СР [17]. Для запобігання піноутворення до кожної колби додавали піногасник Antifoam FD20PK – 0,03 мл.

У процесі ферментування після перемішування колб відбирали проби культуральної рідини, в якій вимірювали видиму густину – показник цукрометра за робочої температури процесу (30 °C) та та динаміку накопичування етанолу за допомогою газової хроматографії. При необхідності проби заморожували при – 20 °C.

У сферментованій культуральній рідині визначали вміст етанолу та початкову концентрацію СР, яка вираховується за стандартною методикою та складається із суми істинних СР

культуральної рідини та СР, що були використані на утворення біоетанолу. Істинні СР культуральної рідини – показник сахариметра у фільтраті культуральної рідини після відганання етанолу та доведення дистильованою водою до попереднього його об'єму [18]. Незброджені цукри у зрілій культуральній рідині визначали фотоколориметричним методом з резорцином [20]. Після відганання етанолу та інших летких компонентів із сферментованої культуральної рідини (40 % від первинного об'єму), культуральну рідину аналізували на вміст залишкових летких речовин методом парофазної газової хроматографії (ПФ/ГХ). Кількість дріжджових клітин визначали мікроскопіюванням у камері Горяєва.

У процесі ферментування визначали такі параметри: продуктивність за етанолом (Q_p , $\text{г} \times \text{л}^{-1} \times \text{год}^{-1}$), вихід етанолу ($Y_{p/s}$, $\text{г} \times \text{г}^{-1}$), що визначається відношенням кількості утвореного етанолу до кількості спожитого субстрату (цукру) по масі; вихід етанолу від теоретичного (E_y , %). Для визначення Q_p та E_y використовували такі співвідношення:

$$Q_p = \frac{P}{T}, \quad (1)$$

та

$$E_y = \frac{Y_{p/s} \times 100}{0.54}, \quad (2)$$

де: P – концентрація етанолу ($\text{г} \times \text{л}^{-1}$), T – час ферментування (год), 0,54 – максимальний теоретичний вихід етанолу із сахарози.

Для визначення етанолу у ферментаційній рідині використовують як традиційні методи, а саме ензімометрію [22], діхроматне окиснення [23], колориметрію [24], так і більш сучасні – високоефективну рідинну [25] і газову хроматографію [26]. Оскільки сферментовані розчини мають складну матрицю, тобто суспендовані частинки дріжджів, кольорові субстанції, нелеткі вуглеводи, то необхідно застосовувати попереднє пробопідготування, а саме фільтрування, хімічне обробляння, екстрагування розчинником. Усі ці процедури не тільки потребують додаткового часу, а й знижують точність вимірів. Найбільш зручним, точним і швидким методом визначення летких сполук в рідинах зі складною матрицею (а також полімерах) є парофазний (head space) газохроматографічний аналіз (ПФ/ГХ) [27]. Метод заснований на законі Генрі, а саме:

$$H = \frac{C_g}{C_l}; \text{ або } C_g = \frac{H}{1+H} C_o; \quad (3)$$

при

$$C_l = C_o - C_g, \quad (4)$$

де: H – константа в законі Генрі; C_g , C_l і C_o – представляють врівноважені концентрації речовин у паровій, рідинній і вихідній речовині відповідно.

У відповідності з (3) концентрація речовини у зразку (C_0) може бути отримана вимірюванням C_T у паровій фазі. При цьому необхідно враховувати деякі обставини, що можуть впливати на константу Генрі. Такими можуть бути: висолювання [28], слабка подібність аналіту рідинній матриці, сильна взаємодія летких речовин, підвищена густина матриці, велика концентрація аналіту. Останнє нівелюється розбавленням. Крім того, великий об'єм зразка збільшує час досягнення рівноваги.

Ці недоліки ПФ/ГХ методу можуть бути подолані при використанні методу повного випаровування (ГХ/ПВ) конденсованого зразка. Враховуючи вищезазначене, метод ГХ/ПВ вбачається найбільш оптимальним для визначення етанолу в таких складних матрицях як сферментовані розчини. Метод майже не потребує спеціального пробопідготування, є універсальним, експресним і досить точним.

Газохроматографічні вимірювання виконували на хроматографі "Цвет-100". Умови хроматографування: детектор полум'яно-іонізаційний; температура випарника – 150 °C; програмування термостату колонок – 60 °C, 2 °C/хв до 130 °C (10 хв); колонка хроматографічна скляна довжиною – 3 м і внутрішнім діаметром – 3 мм; наповнювач колонки: хроматон N-AW силанізований і оброблений 15 % ПЕГ-20 М; швидкість потоку газу-носія (азоту) – 60 см³/хв; швидкість потоку водню 25 см³/хв; швидкість потоку повітря – 250 см³/хв; підсилення – 64·10¹⁰; об'єм проби – 2 см³; шприц медичний місткістю 5 см³, що обгорнутий азбестовим шнуром; флакони для проб (типу пеніцилінових) об'ємом 25 см³ з металевими ковпачками; обтискувальний пристрій FERPRESS H-207 (Швейцарія) або аналогічний пристрій. Кількісне і статистичне оброблення хроматограм виконувалось за допомогою електронної програми «Міліхром 4.1».

Для виконання хроматографічного аналізу проби місткістю 15 см³ вміщували у флакони місткістю 25 см³, додавали мікрошприцом 3 мкл (0,02 % об) внутрішнього стандарту (ізоаміловий спирт). Флакон попередньо витримували у хромованій суміші, промивали водопровідною та дистильованою водою і прожарювали при 220 °C у сушильній шафі. Флакони закривали тефлоновими пробками, герметично обтискали металевими ковпачками за допомогою обтискувального пристрою і вносили в термостат на 30 хв за температури 85 °C.

Шприцом, нагрітим до 90–100 °C відбирали 2 см³ газової фази і вводили у випарник хроматографа. Експеримент повторювали тричі. За допомогою електронної системи «Міліхром 4.1» знаходили площини хроматографічних смуг, обраховували результати і

середньоквадратичну похибку. Обчислювання виконували за допомогою внутрішнього стандарту, для якого використовували ізоаміловий спирт, який у нашому випадку на хроматограмах відсутній. Стандартні зразки органічних речовин згідно ДСЗУ 162.29-01 (МСО 0376:2002): ацетон, н-бутанол, 2-бутанол, трет-бутиловий спирт, ізо-бутанол, бутилацетат, ізобутилацетат, метанол, н-пропанол, ізо-пропанол, етанол, етилацетат, ізо-аміловий спирт.

Стандартні розчини готувались додаванням x мл стандартної речовини у x мл дистильованої води.

Визначення етанолу за методом повного випаровування ГХ/ПВ дозволяє значно підвищити чутливість, точність і відтворюваність у порівнянні із звичайним методом ПФ/ГХ [27, 29]. Попередніми дослідженнями були визначені умови експерименту: температура випаровування – 105 °С, час випаровування – 3 хв, величина проби 5÷50 мкл. Підготовка зразка і процедура вимірювання були такими: 5–50 мкл розчину зразка вмішували в склянку для випаровування місткістю 25 мл, яку занурювали у гліцеринову баню. Надто в'язкі зразки наносили на клаптик фільтрувального паперу і в такому стані вносили до склянки для випаровування. Градувальний графік будували за методом зовнішнього стандарту. Для цього x мл етанолу розчиняли у 20 мл дистильованої води.

Результати досліджень. Ферментування соргоцукрового соку. Характеристики нативного соргоцукрового соку, що використовувався як субстрат при зброджуванні дріжджами *S. cerevisiae* M5 наведено в табл. 1.

1. Показники соргоцукрового соку, що використовувався при ферментуванні

Показник	Величина
СР по цукрометру, %	13,0 ± 0,3
Редукувальні речовини, %	3,7 ± 0,1
Сахароза, %	7,8 ± 0,4
Загальний цукор, %	11,5 ± 0,3
Доброякісність, %	88,4 ± 4
pH	4,8 ± 0,05
Кислотність, град	0,3 ± 0,05
Загальний нітроген, г/кг	0,7 ± 0,05
Крохмаль, %	0,5 ± 0,06

$n=3$, ± стандартне відхилення.

Доброякісність соку 88,4 %, загальний цукор складався не лише з сахарози, а містив приблизно 32 % редукувальних речовин (в основному інвертний цукор). У спиртовому бродінні кінетика утворення етанолу при оптимальних фізичних параметрах процесу залежать від початкової концентрації дріжджів та концентрації цукрів [7, 8].

При змішуванні соку із засівними дріжджами (концентрацією $1,9 \times 10^8$ кл/мл) отримали вихідну культуральну рідину (табл. 2). Інокулят складав 33,3 % об. Це дає можливість отримати концентрацію дріжджів на початку зброджування на рівні $0,6 \times 10^8$ кл/мл. Через 2 доби в дозрілій культуральній рідині в стаціонарних умовах біомаса дріжджів дещо збільшилася до $0,9 \times 10^8$ кл/мл (табл. 2). Початкове рН середовища було в межах норми 4,35 і коригуванню не піддавали. Через 2 доби в дозрілій культуральній рідині на основі соргоцукрового нативного соку рН знизилося до 4,0. Вихід етанолу склав 91,3 % від теоретичного. Подібні високі результати отримали дослідники із США та Бразилії на нативному соргоцукровому соку [9, 10].

Для дослідження динаміки вмісту спирту в бражці на основі соку цукрового сорго проводили відбирання проб через певний час. За даними аналізу культуральних рідин методом ГХ/ПВ побудовано профіль кривої накопичування етанолу в часі (рис. 1). З рисунку видно, що культивування практично закінчилося за 14–15 годин, коли концентрація етанолу не зростала. Видима густина культуральної рідини також сповільнювала швидкість зниження біля 15-ої години культивування та зупинялась на мінімальному значенні 1,6 % СР.

2. Показники сферментованого соргоцукрового соку

Показник	Вихідна культуральна рідина	Зріла культуральна рідина
Біомаса дріжджів, кл/мл	$6,3 \times 10^7 \pm \pm 4,3 \times 10^6$	$0,9 \times 10^8 \pm \pm 8,5 \times 10^6$
Видима густина при 30° С, % СР	$8,7 \pm 0,3$	$1,6 \pm 0,1$
Концентрація етилового спирту, % об.	$0,8 \pm 0,01$	$5,0 \pm 0,02$
Істинні СР бражки, %	$10,8 \pm 0,4$	$4,0 \pm 0,3$
Початкова концентрація СР, %	$12,8 \pm 0,4$	$12,9 \pm 0,4$
рН	$4,35 \pm 0,05$	$4,0 \pm 0,05$
Кислотність, град	$0,9 \pm 0,05$	$1,2 \pm 0,05$
Залишковий цукор, г×л ⁻¹	$85,2 \pm 4,51$	$6,1 \pm 0,3$
Продуктивність за етанолом, Q _p (г×л ⁻¹ × год ⁻¹)	$2,63 \pm 0,03$	
Вихід етанолу, Y _{p/s} (г×г ⁻¹)	$0,46 \pm 0,01$	
Вихід етанолу від теоретичного, E _y (%)	$91,3 \pm 1,2$	

n=3, ± стандартне відхилення.

Ферментування проводили дріжджами, вирощеними на соргоцукровому соку, що дає можливість скоротити Lag-фазу зброджування та підвищити продуктивність біологічного агента. Виходячи з отриманих даних (рис. 1), Lag-фаза процесу могла тривати не більше години. У подібних дослідженнях, де вирощування засівних дріжджів велося на напівсинтетичних

середовищах GYE, YPD або інших «одноцукрових» середовищах Lag-фаза тривала від 2 до 10 годин, що можна пояснити необхідністю продуцента адаптуватись до соргоцукрового середовища, зокрема забезпечити зростання інвертазної активності для інверсії сахарози [12, 13, 30].

Аналізуючи рис. 1, розрахунок максимальної продуктивності дріжджів за етанолом проводили за період 15 годин від початку культивування, що становила $2,63 \text{ г} \times \text{л}^{-1} \times \text{год}^{-1}$. Продуктивність дріжджів при ферментуванні соргоцукрових соків у зарубіжних авторів різняться ($1,6\text{--}3,19 \text{ г} \times \text{л}^{-1} \times \text{год}^{-1}$ і навіть $10,79 \text{ г} \times \text{л}^{-1} \times \text{год}^{-1}$) і залежить головним чином від кількості інокуляційних дріжджів та концентрації цукрів [10–12, 31].

Згідно з графіком (рис. 1) спостерігається друга затримка спиртового бродіння після початку процесу з третьої години. Це можна пояснити діауксією, що обумовлена гетерогенним складом цукрів соку. Спершу дріжджі споживали глюкозу та інвертують сахарозу, фруктоза поступово накопичується і споживається дріжджами останньою [12, 30, 32]. При дріжджогенеруванні (аеробна фаза розвитку дріжджів) цього не спостерігається [17].

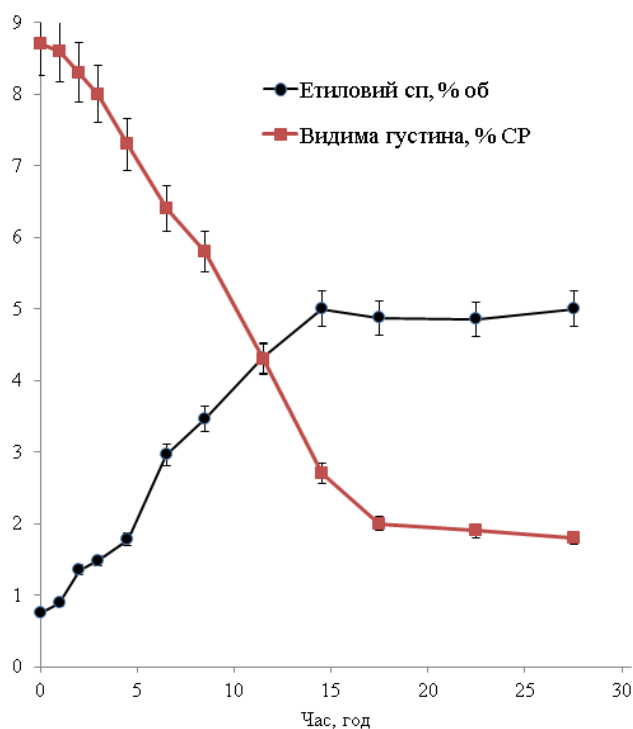


Рис. 1. Динаміка змін вмісту етилового спирту та видимої густини при зброджуванні соргоцукрового соку.

Явище другої Lag-фази не характерне для культуральних рідин, що одержують із використанням меляси [33, 34]. У деяких зарубіжних авторів також спостерігається наявність другої лаг-фази

на характерних кривих накопичування етанолу в культуральній рідині на основі соргоцукрового соку, проте жодного пояснення щодо другої лаг-фази в своїх публікаціях вони не дають [11, 13]. Можливо другу лаг-фазу можна взагалі мінімізувати використавши інший штам чи за допомогою ферментатора з інтенсивним перемішуванням. Ці тенденції спостерігаються в роботах [12, 13].

Дослідження ЛР культуральних рідин на основі соргоцукрового соку. Газова хроматографія є основним методом аналітичного контролю летких речовин в продуктах зброджування вуглеводів. Загалом такий аналіз здійснюється через процедуру отримання відгону. Операція отримання відгону потребує певного часу, а у випадку аналізу барди і зовсім проблематична. Метод ПФ/ГХ аналізу не містить вказаних обмежень.

Попередньо проведене порівняння хроматограм бражки отриманих ПФ/ГХ методом та її відігнутого дистиляту, показало їх ідентичність (дані не вказані). З врахуванням зазначеного подальші аналізи виконували методом ПФ/ГХ. З наведених хроматограм (рис. 2) видно, що леткі речовини культуральної рідини на основі соку сорго є типовими продуктами зброджування цукровмістної сировини [15]. Вони покращують розчинність біоетанолу в бензині і якість палива в цілому [14].

Метод ПФ/ГХ аналізу дозволяє відслідкувати динаміку утворення в бражці не лише етанолу, але й супровідних летких речовин спиртового бродіння (табл. 3).

3. Масовий вміст летких речовин у сферментованому соку до та після відгнання*

Леткі речовини (ЛР)	Вміст ЛР у сферментованій культуральній рідині, мг/дм ³	Вміст ЛР у культуральній рідині після відгнання, мг/дм ³
оцтовий альдегід	6 ± 0,45	4 ± 0,30
ацетон	6 ± 0,54	3 ± 0,27
етилацетат	1 ± 0,12	не виявлено
1-пропанол	5 ± 0,48	3 ± 0,25
ізобутанол	4 ± 0,28	2 ± 0,35
ізоамілацетат	3 ± 0,41	не виявлено
1-пентанол	3 ± 0,40	1 ± 0,12
етанол	38,4×10 ³ ± 2,1×10 ³	50 ± 4,30

*n=3, ± СКВ.

З рис. 2 та табл. 3 видно, що етанол в умовах лабораторного дистилювання відганяється практично повністю, залишкова кількість у здистильованій культуральній рідині становить 50 мг/мл. Також, при дистилюванні сферментованої культуральної рідини етилацетат та ізоамілацетат практично повністю переходять у дистилят і

відповідно у зневоднений продукт в якості пального. Такі компоненти сферментованої культуральної рідини як оцтовий альдегід, ацетон, ізобутанол та 1-пропанол відганяються лише на 40–60 %. Залишкові кількості цих речовин, а також інші поширені нелеткі продукти спиртового бродіння такі як: гліцерин, сукцинат, альфакетоглутарат, бутандіол, діацетіл знижують вихід етанолу. Більша їх кількість утворюється саме при періодичному бродінні [31].

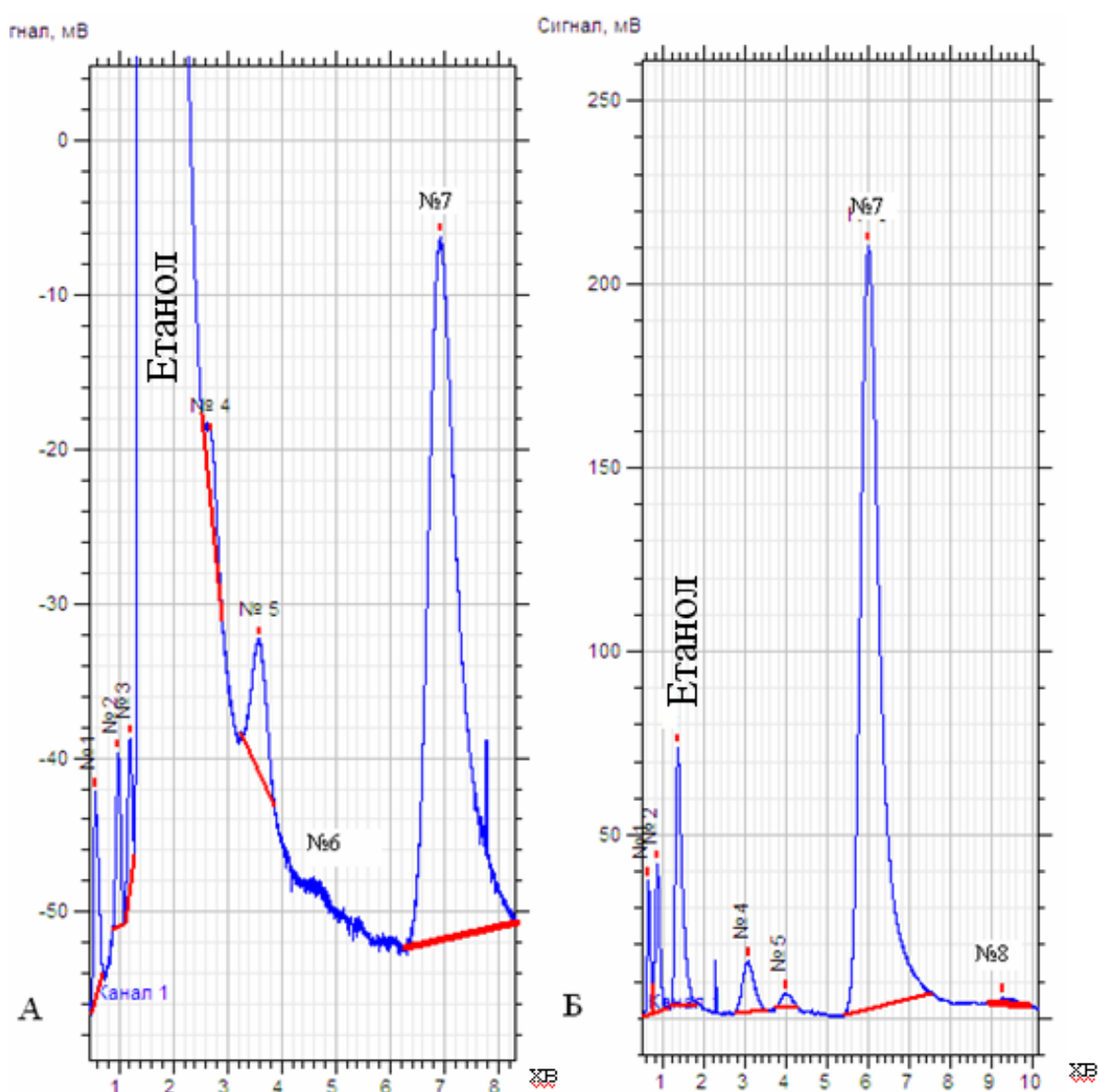


Рис. 2. Хроматограми (ПФ/ГХ) летких компонентів проби сферментованого соку (А) та культуральної рідини після відгання летких речовин (Б). Метод паро-фазного аналізу (Heard Space). Перелік летких речовин: 1 – оцтовий альдегід; 2 – ацетон; 3 – етилацетат; 4 – 1-пропанол; 5 – ізобутанол; 6 – ізоамілацетат; 7 – ізоаміловий (внутрішній стандарт); 8 – 1-пентанол.

Отже, біотехнологія спиртового бродіння за рахунок специфічних умов таких як підвищений вміст етанолу, низький

рівень рН культуральної рідин (4,0–4,5) та високої вихідної концентрації промислового спиртового штаму дріжджів, зумовлює високу продуктивність, що дозволяє швидко і практично без втрат через контамінацію ферментувати нативний соргоцукровий сік при періодичному зброджуванні. Звісно при переході на безперервну систему та/або на ферментування соргоцукрових сиропів підвищеної густини необхідна повна стерилізація соків та сиропів. Так як при збільшенні тривалості процесу ферментування збільшується ризики розповсюдження контамінації [34].

У роботі [13] показано високу специфіку деяких штамів дріжджів по відношенню до гетерогенних цукрових сумішей. Декотрі з них виявляють чутливість до компонентів середовища на основі соргоцукрового соку. Наші роботи, а також роботи Левандавського Л. В. показали, що промислові штами-продуценти етанолу *S. cerevisiae* М-5, У-563, V-30 добре ростуть та ферментують соки та сиропи отримані із цукрового сорго [6, 17].

Висновки

1. Біотехнологія спиртового бродіння дозволяє швидко і практично без втрат через контамінацію ферментувати нативний соргоцукровий сік при періодичному зброджуванні. При переході на безперервну систему та/або на ферментування соргоцукрових сиропів підвищеної густини необхідна повна стерилізація соків та сиропів.

2. У процесі анаеробного ферментування дріжджами *S. cerevisiae* М-5 нативного соргоцукрового соку, з сировини вирощеного в ґрунтово-кліматичних умовах Сумської обл., виявлена наявність двох лаг-фаз. Діауксія, ймовірно, обумовлена неоднорідним складом цукрів соку цукрового сорго (глюкоза, фруктоза, сахароза). При ферментуванні меляси подібного не відбувається через те, що в останній міститься лише один вид цукру – сахароза.

3. Проведено кількісне визначення етанолу та супровідних летких речовин у культуральній рідині до і після відгнання легколетких речовин. При дистилюванні сферментованої культуральної рідини етилацетат та ізоамілацетат практично повністю переходять у дистилят і відповідно у зневоднений продукт. Такі компоненти сферментованої культуральної рідини як оцтовий альдегід, ацетон, ізобутанол та 1-пропанол відганяються лише на 40–60 %.

Список літератури

1. Sa´nchez, O. J. Trends in biotechnological production of fuel ethanol from different feedstocks / O. J Sa´nchez, C. A. Cardona // Bioresource Technology. – 2008. – Vol. 99, Issue 13. – P. 5270–5295.
2. Giovanni, D. N. Advances in the Development of Bioethanol: A Review / D. N. Giovanni, E. Santecchia, S. Giulio, P. Fabio // Biofuel's Engineering Process

Technology InTech. 2011. – P. 611 – 638. Режим доступу: <http://www.intechopen.com/books/biofuel-s-engineering-process-technology/advances-in-the-development-of-bioethanol-a-review>.

3. Блюм, Я. Б. Біологічні ресурси і технології виробництва біопалива / [Я. Б. Блюм, Г. Г. Гелетуша, І. П. Григорюк та ін.]. – К.: Аграр Медіа Груп, 2010. – 408 с.

4. Герасименко, Л. А. Оптимізація елементів технології вирощування сорго цукрового для виробництва біопалива в умовах Лісостепу України : автореф. дис. ... канд. с.-г. наук : 06.01.09 / Л. А. Герасименко ; НАН України, Ін-т біоенерг. культур і цукр. буряків. – К., 2013. – 20 с.

5. Гунчак, Т. І. Особливості вирощування сорго цукрового в якості сировини для виробництва біопалива в умовах південно-західного Лісостепу України / Т. І. Гунчак // Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. – 2014. – Вип. 21. – С. 244. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/znpicb_2014_21_46.

6. Левандовський, Л. В. Використання соку цукрового сорго для біосинтезу спирту / Л. В. Левандовський, С. Т. Олійнічук, Л. В. Ткаченко, А. Ф. Ткаченко // Вісник аграрної науки. – 2004. – № 7. – С. 63–65.

7. Laopaiboon, L. L. Ethanol production from sweet sorghum juice in batch and fed-batch fermentations by *Saccharomyces cerevisiae* / L. L. Laopaiboon, P. Thanonkeo, P. Jaisil, P. Laopaiboon // World Journal of Microbiology and Biotechnology. – 2007. – Vol. 23, Issue 10. – P. 1497–1500.

8. Nurnasari, E. Factors Affecting Bioethanol Fermentation From Sugar Cane Molasses Using Flocculant *Saccharomyces cerevisiae* NCYC-1195 / E. Nurnasari, A. K. Wardani, A. Sutrisno // Basic and Applied Sciences. – 2015. – Vol. 9, Issue 31. – P. 6–17.

9. Kundiyana, D. K. Influence of temperature, pH and yeast on in-field production of ethanol from unsterilized sweet sorghum juice / D. K. Kundiyana, D. D. Bellmer, R. L. Huhnke, M. R. Wilkins, P. L. Claypool // Biomass and bioenergy. – 2010. – Vol. 34, Issue 10. – P. 1481–1486.

10. Dutra, D. Ethanol Production from the Stem Juice of Different Sweet Sorghum Cultivars in the State of Pernambuco, Northeast of Brazil / D. Dutra, B. G. Neto, S. R. Barros, M. A. Moraes J. M., N. J. Tabosa, R. S. Cezar Menezes // Sugar Tech. – 2013. – Vol. 15, Issue 3. – P. 316–321.

11. Tahmina, I. Fermentation kinetics and ethanol production from different sweet sorghum varieties / I. Tahmina, S. Capareda // International Journal of Agricultural and Biological Engineering. – 2011. – Vol. 4, Issue 3. – P. 33–40.

12. Yuvraj, R. K. Chemical Composition of Sweet Sorghum Juice and its Comparative Potential of Different Fermentation Processes for Enhanced Ethanol Production / R. K. Yuvraj, S. K. Uppal, P. Sharma, H. S. Oberoi // Sugar Tech. – 2013. – Vol. 15, Issue 3. – P. 305–310.

13. Bulawayo, B. Ethanol production by fermentation of sweet-stem sorghum juice using various yeast strains / B. Bulawayo, J. M. Bvochora, M. I. Muzondo, R. Zvauya // Microbiology and Biotechnology. – 1996. – Vol. 12, Issue 4. – P. 357–360.

14. Shah, Y. R. Bioalcohol as green energy – A Review / Y. R. Shah, D. J. Sen // International Journal of Current Scientific Research. – 2011. – Vol. 1, Issue 2. – P. 57–62.

15. Горшунов, Ю. В. Біотехнологія спиртового зброджування глюкозо-фруктозних сиропів : автореф. дис. канд. техн. наук : 03.00.20 / Ю. В. Горшунов ; Нац. техн. ун-т України "Київ. політехн. ін-т". – К., 2012. – 20 с.

16. EN 15376: 2011, Automotive fuels – Ethanol as a blending component for petrol – Requirements and test methods.

17. Володько, О. І. Вирощування *Saccharomyces cerevisiae* M5 на основі соку цукрового сорго в умовах діючого підприємства з виробництва біоетанолу / О. І. Володько, С. П. Циганков // Наукові доповіді НУБіП України: – [Електронний ресурс] – 2015. – № 8, Вип. 57. – Режим доступу: http://nd.nubip.edu.ua/2015_8/33.pdf.
18. Инструкция по теххимическому и микробиологическому контролю спиртового производства. – М.: Агропромиздат, 1986. – 398 с.
19. ISO 5377:1981. Starch hydrolysis products – Determination of reducing power and dextrose equivalent – Lane and Eynon constant titre method.
20. Фертман, Г. И. Химико-технологический контроль спиртового и ликёрово-водочного производства / Г. И. Фертман, М. И. Шойхет. – М.: Пищ. пром. – 1975. – 440 с.
21. Цитович, И. К. Химия с сельскохозяйственным анализом / И. К. Цитович. – М.: Колос. – 1974. – 527 с.
22. Gonchar, M. V. A new oxidase-peroxidase kit for ethanol Assay / M. V. Gonchar, M. M. Maidan, H. M. Pavlishko, A. A. Sibirny // Food Technology and Biotechnology. – 2001. – Vol. 39, Issue 1. – P. 37–42.
23. Horwitz (Ed.) W. Official Methods of Analysis of the Association of official Analytical Chemists / Horwitz (Ed.) W. // Washington, DC. – 1980, 12th ed.
24. Zanon, J. P. Colorimetric assay of ethanol using Alcohol dehydrogenase from dry baker's yeast / J. P. Zanon, M. F Peres., E. A. Cattas // Enzyme and Microbial Technology. – 2007. – Vol. 40, Issue 3. – P. 466–470.
25. Lefebvre, D. Faucher Simultaneous HPLC Determination of Sugars, Organic Acids and Ethanol in Sourdough Process / D. Lefebvre, V. Gabriel, Y. Vayssier, C. Fontagne // Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie. – 2002. – Vol. 35, Issue 5. – P. 407–414.
26. Buckee, G. K. Determination of ethanol in beer by gas chromatography (direct injection)- collaborative trial / G. K. Buckee, A. P. Mundy // Journal of the Institute of Brewing. – 1993. – Vol. 99, Issue 5. – P. 381–384.
27. Kolb, B. Static Headspace-Gas Chromatography Theory and Practice / B. Kolb, L.S. Ettre // Wiley-VCH, New York, USA. – 1997.
28. Teja, A. S. Henry's constants of methanol in aqueous systems containig salts / A. S. Teja, A. K. Gupta, K. R. Bullock, X.-S. Chai, J. Y. Zhu // Fluid Phase Equilibria. – 2001. – Vol. 185, Issues 1–2. – P. 265–274.
29. Chai, X. S. Analysis of Volatile Organic Sulphur Compounds in Kraft Liquors by Full Evaporation Headspace Gas Chromatography / X. S. Chai, P. H. Liu, J. Y. Zhu // Journal of pulp and paper science. – 2000. – Vol. 26, Issue 5. – P. 167–172.
30. Guigoua, M. Bioethanol production from sweet sorghum: Evaluation of post-harvest treatments on sugar extraction and fermentation / M. Guigoua, C. Lareo, L. V. Pérez, M. E. Lluberas, D. Vázquez, M. D. Ferrari // Biomass and Bioenergy. – 2011. – Vol. 35, Issue 7. – P. 3058–3062.
31. Laopaiboon, L. Ethanol production from sweet sorghum juice using very high gravity technology: Effects of carbon and nitrogen supplementations / L. Laopaiboon, S. Nuanpeng, P. Srinophakun, P. Klanrit, P. Laopaiboon // Bioresource Technology. – 2009. – Vol. 100, Issue 18. – P. 4176–4182.
32. Jasman, J. Selection of Yeast Strains for Ethanol Fermentation of Glucose-Fructose-Sucrose Mixture / J. Jasman, I. D. Prijambada, C. Hidayat, D. Widiyanto // Indonesian Journal of Biotechnology. – 2012. – Vol. 17, Issue 2. – P. 114–120.
33. Razmovski, R. Ethanol production from sugar beet molasses by *S. cerevisiae* entrapped in an alginate-maize stem ground tissue matrix / R. Razmovski, V. Vučurović // Enzyme and Microbial Technology. – 2011. – Vol. 48, Issue (4–5, 7). – P. 378–385.

34. Ngwenya, T. T. An industrial perspective of factors affecting molasses fermentation by *Saccharomyces cerevisiae* / T. T. Ngwenya, P. Shukla, N. Baboolal, K. Permaul, S. Singh // *Brewing and Distilling*. – 2012. – Vol. 3, Issue 2. – P. 23–28.

References

1. Sa'nchez, O. J., Cardona, C. A. (2008). Trends in biotechnological production of fuel ethanol from different feedstocks. *Bioresource Technology*, Vol. 99, Issue 13, 5270–5295.
2. Giovanni, D. N., Santecchia, E., Giulio, S., Fabio, P. (2011). Advances in the Development of Bioethanol: A Review. *Biofuel's Engineering Process Technology InTech*, 611–638. <http://www.intechopen.com/books/biofuel-s-engineering-process-technology/advances-in-the-development-of-bioethanol-a-review>.
3. Blyum, Ya. B. (2010). *Biologichni resursy i tekhnolohiyi vyrobnytstva biopalyva* [Biological resources and technologies of biofuel production]. K.: Ahrar Media Hrup, 408.
4. Herasymenko, L. A. (2013). Optymizatsiya elementiv tekhnolohiyi vyroshchuvannya sorho tsukrovoho dlya vyrobnytstva biopalyva v umovakh Lisostepu Ukrayiny [Optimization of elements of technology of cultivation of sweet sorghum for biofuel production in conditions of forest-Steppe of Ukraine] : avtoref. dys. ... kand. s.-h. nauk : 06.01.09/ NAN Ukrayiny, In-t bioenerh. kul'tur i tsukr. buryakiv. K., 20.
5. Hunchak, T. I. (2014). Osoblyvosti vyroshchuvannya sorho tsukrovoho v yakosti syrovyny dlya vyrobnytstva biopalyva v umovakh pivdenno-zakhidnoho Lisostepu Ukrayiny [Features of cultivation of sweet sorghum as feedstock for biofuel production in conditions of the South West forest-steppe of Ukraine]/ *Naukovi pratsi Instytutu bioenerhetychnykh kul'tur i tsukrovyykh buryakiv*, Vyp. 21, 244. Rezhyhm dostupu: http://nbuv.gov.ua/UJRN/znpicb_2014_21_46.
6. Levandovs'kyi, L. V., Oliynichuk, S. T., Tkachenko, L. V., Tkachenko, A. F. (2004). Vykorystannya soku tsukrovoho sorho dlya biosyntezy spyrtu [The use of the juice of sweet sorghum for production of alcohol]. *Visnyk ahraryoi nauky*, 7, 63–65.
7. Laopaiboon, L. L., Thanonkeo, P., Jaisil, P., Laopaiboon, P. (2007). Ethanol production from sweet sorghum juice in batch and fed-batch fermentations by *Saccharomyces cerevisiae*. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, Vol. 23, Issue 10, 1497–1500.
8. Nurnasari, E., Wardani, A. K., Sutrisno, A. (2015). Factors Affecting Bioethanol Fermentation From Sugar Cane Molasses Using Flocculant *Saccharomyces cerevisiae* NCYC-1195. *Basic and Applied Sciences*, Vol. 9, Issue 31, 6–17.
9. Kundiya, D. K., Bellmer, D. D., Huhnke, R. L., Wilkins, M. R., Claypool, P. L. (2010). Influence of temperature, pH and yeast on in-field production of ethanol from unsterilized sweet sorghum juice. *Biomass and bioenergy*, Vol. 34, Issue 10, 1481–1486.
10. Dutra, D., Neto, B. G., Barros, S. R., Moraes, M. A., Tabosa, N. J., Cezar Menezes, R. S. (2013). Ethanol Production from the Stem Juice of Different Sweet Sorghum Cultivars in the State of Pernambuco, Northeast of Brazil. *Sugar Tech*, Vol. 15, Issue 3, 316–321.
11. Tahmina, I., Capareda, S. (2011). Fermentation kinetics and ethanol production from different sweet sorghum varieties. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, Vol. 4, Issue 3, 33–40.
12. Yuvraj, R. K., Uppal, S. K., Sharma, P., Oberoi, H. S. (2013). Chemical Composition of Sweet Sorghum Juice and its Comparative Potential of Different

Fermentation Processes for Enhanced Ethanol Production. *Sugar Tech*, Vol. 15, Issue 3, 305–310.

13. *Bulawayo, B., Bvochora, J. M., Muzondo, M. I., Zvauya, R.* (1996). Ethanol production by fermentation of sweet-stem sorghum juice using various yeast strains. *Microbiology and Biotechnology*, Vol. 12, Issue 4, 357–360.

14. *Shah, Y. R., Sen, D. J.* (2011). Bioalcohol as green energy – A Review. *International Journal of Current Scientific Research*, Vol. 1, Issue 2, 57–62.

15. *Horshunov, Yu. V.* (2012). *Biotehnolohiya spyrtovoho zbrodzhuvannya hlyukozo-fruktoznykh syropiv* [Biotechnology alcoholic fermentation of glucose-fructose syrups] : avtoref. dys. kand. tekhn. nauk : 03.00.20. Nats. tekhn. un-t Ukrainy "Kyyiv. politekhn. in-t". K., 2012, 20.

16. *EN 15376: 2011*, Automotive fuels – Ethanol as a blending component for petrol – Requirements and test methods.

17. *Volod'ko, O. I., Tsyhankov, S. P.* (2015). *Vyroshchuvannya Saccharomyces cerevisiae M5 na osnovi soku tsukrovoho sorho v umovakh diyuchoho pidpryemstva z vyrobnytstva bioetanolu* [Cultivation of *Saccharomyces cerevisiae* M5 based on the juice of sweet sorghum in the conditions of operating enterprises for the production of bioethanol]. *Naukovi dopovidi NUBiP Ukrainy: [Elektronnyy resurs]*, № 8, Vyp. 57, Rezhym dostupu: http://nd.nubip.edu.ua/2015_8/33.pdf.

18. *Instruktsiya po tekhnokhymycheskomu y mykrobyolohycheskomu kontrolyu spyrtovoho proyzvodstva* (1986) [Instruction on technical and microbiological control of alcohol production]. M.: Ahropromyzdat, 398.

19. *ISO 5377:1981*. Starch hydrolysis products – Determination of reducing power and dextrose equivalent – Lane and Eynon constant titre method.

20. *Fertman, H. Y., Shoykhet, M. Y.* (1975). *Khymyko-tekhnolohycheskyy kontrol' spyrtovoho y lykero-vodochnoho proyzvodstva* [Chemical-technological control of alcoholic and liqueur and vodka production]. M.: Pyshch. Prom, 440.

21. *Tsytovykh, Y. K.* (1974). *Khymyya s sel'skokhozyaystvennym analizom* [Chemistry and agricultural analysis]. M.: Kolos, 527.

22. *Gonchar, M. V., Maidan, M. M., Pavlishko, H. M., Sibirny, A. A.* (2001). A new oxidase-peroxidase kit for ethanol Assay. *Food Technology and Biotechnology*, Vol. 39, Issue 1, 37–42.

23. *Hormitz (Ed.) W.* (1980). *Official Methods of Analysis of the Association of official Analytical Chemists*. Washington, DC, 12th ed.

24. *Zanon, J. P., Peres, M. F., Cattas, E. A.* (2007). Colorimetric assay of ethanol using Alcohol dehydrogenase from dry baker's yeast. *Enzyme and Microbial Technology*, Vol. 40, Issue 3, 466–470.

25. *Lefebvre, D., Gabriel, V., Vayssier, Y., Fontagne, C.* (2002). Faucher Simultaneous HPLC Determination of Sugars, Organic Acids and Ethanol in Sourdough Process. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*, Vol. 35, Issue 5, 407–414.

26. *Buckee, G. K., Mundy, A. P.* (1993). Determination of ethanol in beer by gas chromatography (direct injection)- collaborative trial. *Journal of the Institute of Brewing*, Vol. 99, Issue 5, 381–384.

27. *Kolb, B., Ettre, L. S.* (1997). *Static Headspace-Gas Chromatography Theory and Practice*. Wiley-VCH, New York, USA, 97.

28. *Teja, A. S., Gupta, A. K., Bullock, K. R., Chai, X.-S., Zhu, J. Y.* (2001). Henry's constants of methanol in aqueous systems containig salts. *Fluid Phase Equilibria*, Vol. 185, Issues 1–2, 265–274.

29. Chai, X. S., Liu, P. H., Zhu, J. Y. (2000). Analysis of Volatile Organic Sulphur Compounds in Kraft Liquors by Full Evaporation Headspace Gas. *Journal of pulp and paper science*, Vol. 26, Issue 5, 167–172.
30. Guigoua, M., Lareo, C., Pérez, L. V., Lluberas, M. E., Vázquez, D., Ferrari, M. D. (2011). Bioethanol production from sweet sorghum: Evaluation of post-harvest treatments on sugar extraction and fermentation. *Biomass and Bioenergy*, Vol. 35, Issue 7, 3058–3062.
31. Laopaiboon, L., Nuanpeng, S., Srinophakun, P., Klanrit, P., Laopaiboon P. (2009). Ethanol production from sweet sorghum juice using very high gravity technology: Effects of carbon and nitrogen supplementations. *Bioresource Technology*, Vol. 100, Issue 18, 4176–4182.
32. Jasman, J., Prijambada, I. D., Hidayat, C., Widiyanto, D. (2012). Selection of Yeast Strains for Ethanol Fermentation of Glucose-Fructose-Sucrose Mixture. *Indonesian Journal of Biotechnology*, Vol. 17, Issue 2, 114–120.
33. Razmovski, R., Vučurović, V. (2011). Ethanol production from sugar beet molasses by *S. cerevisiae* entrapped in an alginate-maize stem ground tissue matrix. *Enzyme and Microbial Technology*, Vol. 48, Issue (4–5, 7), 378–385.
34. Ngwenya, T. T., Shukla, P., Baboolal, N., Permaul, K., Singh, S. (2012). An industrial perspective of factors affecting molasses fermentation by *Saccharomyces cerevisiae*. *Brewing and Distilling*, Vol. 3, Issue 2, 23–28.

ФЕРМЕНТИРОВАНИЕ СОРГОСАХАРНОГО СОКА SACCHAROMYCES CEREVISIAE ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ И АНАЛИЗА ЛЕТУЧИХ БИОТОПЛИВНЫХ КОМПОНЕНТОВ

**А. И. Володька, Г. В. Мешок, К. М. Лукашевич, А. Г. Новак,
С. П. Цыганков**

Аннотация. Современные мировые тенденции в энергетике в развитых странах мира направлены на всестороннее использование воспроизводимых источников энергии в связи с негативным экологическим влиянием промышленности и транспорта, которые используют ископаемые источники энергии. Украина, которая имеет один с наибольших потенциалов в Европе в аграрной сфере, не использует в полной мере возобновляемые источники энергии из фитомассы. Одним из наиболее рентабельных и простых способов получения экологически чистого жидкого топлива – производство биоэтанола.

Для его производства сахарное сорго может дополнить традиционное сырье для Украины – мелассу из сахарной свеклы, запасы которой ограничены.

Работа направлена на внедрение биотехнологий переработки сахаров сорго в этанол через адаптацию технологий сбраживания мелассы к сокам и сиропам из сахарного сорго. В частности в работе проведена ферментация в условиях действующего завода сока сахарного сорго, выращенного в Сумской обл., с целью получения кинетических параметров

ферментации, а также проведения анализов полученных летучих веществ в качестве их применения как добавок к бензину.

В работе приведен химический состав полученного сока сахарного сорго сорта "Мамонт". В частности сок имеет гетерогенный состав сахаров: сахароза 68 % и инвертный сахар 32 %, который может влиять на кинетику ферментации.

Проведено анаэробное ферментирование нативного сока сахарного сорго с использованием промышленного штамма *Saccharomyces cerevisiae* M5. С помощью метода газовой хроматографии полного испарения исследована динамика изменения концентрации этанола в сферментированной культуральной жидкости. Концентрация этанола устанавливается максимальной (5 % об.) через 15-16 часов после внесения инокулята, продуктивность по этанолу составляет $2,63 \text{ г} \times \text{л}^{-1} \times \text{час}^{-1}$.

Методом парофазной газовой хроматографии проанализировано содержание летучих метаболитов в культуральной жидкости до и после отгонки. Установлено, что такие компоненты как уксусный альдегид, ацетон, изобутанол та 1-пропанол отгоняются лишь на 40 – 60 %.

Результаты работы показали возможность проведения ферментации сахаров сорго штаммом *S. cerevisiae* M5 с высокой продуктивностью по этанолу.

Ключевые слова: ферментирование, соргосахарный сок, этанол, парофазный газохроматографический анализ

FERMENTATION OF SWEET SORGHUM JUICE BY SACCHAROMYCES CEREVISIAE FOR OBTAINING AND ANALYSIS OF BIOFUEL VOLATILE COMPOUNDS

**O. I. Volodko, G. V. Lantukh, K. M. Lukashevych, A. G. Novak,
S. P. Tsygankov**

Abstract. Modern world tendency in energetics of developed countries are focused on comprehensive employment of renewable energy sources because of negative ecologic impact of industry and transport that use fossil energy sources. Ukraine is having one of the highest agricultural potential in Europe however doesn't apply renewable energy of raw materials from phytomass to the full extent. One of the most profitable and simple way to obtain environmentally friendly liquid fuel is bioethanol production.

Sweet sorghum for bioethanol production can complement sugar beet molasses which is a traditional raw material in Ukraine but has limited reserves.

The current work is aimed in implementation of sorghum sugars processing in ethanol through molasses fermentation technology

adaptation to sweet sorghum juice and syrup. The fermentation of sweet sorghum juice from functioning plant in Sumy region was performed, kinetic parameters of fermentation were determined, and volatile substances were obtained and analyzed as components of gasoline mix.

The chemical composition of sweet sorghum juice (variety "Mammoth") is carried out. Thus, juice contains heterogeneous composition of sugars: sucrose 68% and 32% of invert sugar, which may affect the kinetics of fermentation.

*The anaerobic fermentation of sweet sorghum crude juice was performed using commercial strain *Saccharomyces cerevisiae* M5. The dynamics of ethanol concentration in fermented cultured broth was investigated with full evaporation headspace gas chromatography method. The maximal ethanol concentration (5 % v/v) was obtained in 15–16 hours after inoculation, ethanol productivity was $2.63 \text{ g l}^{-1} \text{ h}^{-1}$.*

The content of volatile metabolites in the cultured broth before and after distillation was analyzed by headspace gas chromatography method. It was established that such components of fermented cultured broth as acetaldehyde, acetone, isobutanol, and 1-propanol can be distilled only 40–60 %.

*The results demonstrated the possibility of sorghum sugars fermentation by strain of *S. cerevisiae* M5 with high ethanol productivity.*

Key words: *fermentation, sweet sorghum juice, ethanol, headspace gas chromatographic*

УДК 631.001.2

ANALYTICAL MODEL OF PARALLEL COMPLEX SYSTEM OF MACHINERY OF PLANTING

Valeriy D. Voytyuk, Ivan L. Rogovskii
e-mail: vdv-tsim@ukr.net

Abstract. *Optimization methods of parallel complexes occupy a significant place in the complex of quantitative methods for optimization of parameters of objects of standardization. Examples are parallel complex parallel manufacturing lines, parallel connected elements, schemes, etc. Parallel the complex production machinery of plant is a set of several products of partial interchangeability.*

Optimal parallel set of products should be chosen, taking into account future changes in the conditions of production and use

© V. D. Voytyuk, I. L. Rogovskii, 2016

adaptation to sweet sorghum juice and syrup. The fermentation of sweet sorghum juice from functioning plant in Sumy region was performed, kinetic parameters of fermentation were determined, and volatile substances were obtained and analyzed as components of gasoline mix.

The chemical composition of sweet sorghum juice (variety "Mammoth") is carried out. Thus, juice contains heterogeneous composition of sugars: sucrose 68% and 32% of invert sugar, which may affect the kinetics of fermentation.

*The anaerobic fermentation of sweet sorghum crude juice was performed using commercial strain *Saccharomyces cerevisiae* M5. The dynamics of ethanol concentration in fermented cultured broth was investigated with full evaporation headspace gas chromatography method. The maximal ethanol concentration (5 % v/v) was obtained in 15–16 hours after inoculation, ethanol productivity was $2.63 \text{ g l}^{-1} \text{ h}^{-1}$.*

The content of volatile metabolites in the cultured broth before and after distillation was analyzed by headspace gas chromatography method. It was established that such components of fermented cultured broth as acetaldehyde, acetone, isobutanol, and 1-propanol can be distilled only 40–60 %.

*The results demonstrated the possibility of sorghum sugars fermentation by strain of *S. cerevisiae* M5 with high ethanol productivity.*

Key words: *fermentation, sweet sorghum juice, ethanol, headspace gas chromatographic*

УДК 631.001.2

ANALYTICAL MODEL OF PARALLEL COMPLEX SYSTEM OF MACHINERY OF PLANTING

Valeriy D. Voytyuk, Ivan L. Rogovskii
e-mail: vdv-tsim@ukr.net

Abstract. *Optimization methods of parallel complexes occupy a significant place in the complex of quantitative methods for optimization of parameters of objects of standardization. Examples are parallel complex parallel manufacturing lines, parallel connected elements, schemes, etc. Parallel the complex production machinery of plant is a set of several products of partial interchangeability.*

Optimal parallel set of products should be chosen, taking into account future changes in the conditions of production and use

© V. D. Voytyuk, I. L. Rogovskii, 2016

(operation) of the products. Thus, the standardization arise because dynamic optimization models, not static. Using these dynamic models to address issues related to optimal points of production statement on manufacture, changes of modifications or withdrawal of production and operation, etc. These issues should be resolved simultaneously with the selection of the optimal parameters of the products. Static optimization models appear as a result of simplifying the original dynamic model. Static models are used to obtain approximate results. They are used because they are easier to obtain this necessary and easier to build computational procedure. However, this complicated interpretation of the concepts representing the basis of the model, as these concepts can be interpreted differently depending on the way information of the original dynamic optimization model to static. Moreover, for the application of statistical models is necessary to build complex, adapted to the specific conditions of the procedures for determining the source data.

Key words: *method, optimization, parameter, object, standardization, system of machines, planting*

Formulation of problem. Optimization methods of parallel complexes occupy a significant place in the complex of quantitative methods for optimization of parameters of objects of standardization. Examples are parallel complex parallel manufacturing lines, parallel connected elements, schemes, etc. Parallel set of products is a set of several products of partial interchangeability. In other words, it is sometimes possible instead of the i -th product to get around the j -th species, but it may change the magnitude of the effects and costs.

Analysis of recent research results. If the effects and costs associated with i -th element of the complex differ from the effects and costs associated with j -th element of the complex only in magnitude, but not the item in the vectors of effects and costs, no zero component), we have the case of parametric next [1]. Thus, the parallel set of homogeneous products is close to the parametric [2]. Elements of parametric range can be distinguished by the value of one (main) parameter, for example, motors of the same type vary in power or in the case of multidimensional parametric number may vary according to the value of the set of parameters [3].

Optimal parallel set of products should be chosen, taking into account future changes in the conditions of production and use (operation) of the products [4]. Thus, in standardization there is a dynamic optimization model instead of a static [5]. Using these dynamic models to address issues related to optimal points of production statement on manufacture, changes of modifications or withdrawal of production and operation, etc [6]. These issues should be resolved simultaneously with the choice of optimum parameters of products [7].

Static optimization models appear as a result of simplifying the original dynamic model [8]. Static models are used to obtain approximate results. They are primary because they find it easier to obtain this necessary and easier to build computational procedure [9]. However, this complicated interpretation of the concepts representing the basis of the model, as these concepts can be interpreted differently depending on the way information of the original dynamic model to a static optimization [10]. Moreover, for the application of statistical models is necessary to build complex, adapted to the specific conditions of the procedures for determining the source data [11].

Purpose of researches is to formulate an analytical approach to static models of parallel optimization of complex systems of machinery crop production.

Results of researches. Here sequential complexity of the simplest model of optimization of the parametric series introduces the main subject of interpretation in the application of the model concepts. The result is a model that generalizes the model.

The product is defined by a set of characteristics. In this set, of course, are the optimizable parameters. Parallel set consists of a finite set of elements $u_i, i = 1, \dots, n$, and uniquely determined by them:

$$W = (u_1, \dots, u_n).$$

With the help of the optimization is to determine the number of types of products and their optimal parameters, i.e. n and $u_i, i = 1, \dots, n$. To optimize parallel set, it is necessary to form the objective function and constraints. The objective function is constructed as a function of effects n costs incurred for the selected complex.

In particular, accounted for total costs product development costs for the readjustment of the production costs PA production, costs, and effects – meet the needs in production, perform certain types of work, improving certain technical characteristics, etc.

Effects and costs arising from the use of products, it is possible to determine, knowing the conditions of its use and purpose, as well as the volume of products used.

Specific condition of use of the product and its intended use conform to the required parameters of products x , i.e., the parameters that are optimal for the consumer, are not taken into account when certain types of effects and costs, particularly production costs.

These are the required parameters of the products, in some cases, accurately determine the magnitude of the effects and costs arising from the use of products in the conditions in the appointment, the relevant x .

In the simplest optimization model of the parallel complexes specified volumes of production in the conditions of the relevant required parameters of products $x: \varphi(x)$. The function $\varphi(x)$ is called the demand

function. When different formulations of the problem it is interpreted differently, it could be average or total production volumes for a certain period, extreme volumes, etc. to define it, often it is necessary to apply appropriate methods. The assumption that demand is fully met, means that with the possibility of replacement of products with required parameters to x one of the types of products will be achieved specified volume of demand $\varphi(x)$.

Let us dwell on the case of one-parametric number $u_i \in [a, b]$. Suppose that instead of products with parameter $x \in [a, b]$ can be used only products with the next highest parameter u_i :

$$u_{i-1} < x \leq u_i, u_1 < u_2 < \dots < u_n.$$

For example, if for the carriage of containers necessary cars of a certain capacity x and operating costs grow with increasing load, it is natural that there will be used cars capacity $u_i, u_{i-1} < x \leq u_i$.

If such a change use the same quantities of products, it is possible to determine the total volumes of products with parameter u_i :

$$V^{(i)} = \int_{u_{i-1}}^{u_i} \varphi(x) dx, u_0 = a.$$

The total volume of products $V^{(i)}, i = 1, \dots, n$ it is necessary to know to estimate production costs for a given parametric range. Note that the interpretation of $V^{(i)}$ (average, total, maximum volumes, etc.) to the interpretation of $\varphi(x)$.

If we the cost per unit of production parameter u , produced in the volume V , we denote $c(u; V)$ is the total production cost will be:

$$Z^{(n)}(W) = \sum_{i=1}^n c(u_i, V^{(i)}) \cdot V^{(i)}.$$

Consider the case when operating cost is proportional to the amount of used products. We denote the cost of operation of the unit volume production settings u used in conditions characterized by required parameters, $x - g(u, x)$. Then the total operating costs are:

$$Z^{(n)}(W) = \sum_{i=1}^n \int_{u_{i-1}}^{u_i} \varphi(x) g(u_i, x).$$

Note that the function $g(u, x)$ is interpreted according to $\varphi(x)$ as the total cost for a certain period, medium, etc.

As the target functions often take the total cost:

$$Z(W) = Z^{(z)}(W) + Z^{(n)}(W).$$

The assumption that is the product with the x option can be used only to produce the product with the next highest parameter u_i , often does not correspond to reality. To reflect a wide range of applications, introduce features of applicability of $\xi^{(i)}(x, W)$. A function of $\xi^{(i)}(x, W)$ is the proportion of the total volume of products used in the conditions corresponding to the parameter x , satisfy produce parameter $u_i \in W$. Obviously:

$$\sum_{i=1}^n \xi^{(i)}(x, W) = 1.$$

If the demand is fully met, there is the following relationship between the volumes and functions of the application:

$$V^{(i)} = \int_a^b \varphi(x) \xi^{(i)}(x, W) dx.$$

The value of the objective function in this case will depend not only on optimized neighborhood of W , but also the functions of applicability. If the functions of applicability is specified, the optimized number W . only Possible formulation of the problem, when along with the optimization of the range W can be optimized the functions of applicability. Function of applicability reflect the distribution of products according to the conditions of its use, in particular, the distribution of output between consumers.

Influence of character of distribution of products between consumers on the value of the total cost until recently in the problems of optimal choice of production parameters was not analyzed. The work assumes the existence of an optimal distribution, this fact should be taken into account when using models. Sometimes the distribution of production is quite close to the optimum, this condition must be checked. Note that best meet the needs of each consumer does not always correspond to the optimum from the point of view of the total cost distribution.

It is possible to consider the two in a sense the opposite of the mechanism of distribution of products. One is a direct appointment by the consumer of a particular product. In this case, together with optimal production parameters must be determined and the optimal assignment, i.e. a function of applicability should be arguments to the target function. There are often some restrictions regarding the nature of product distribution, for example, all consumers who require a product with a parameter x supplied the same products. Such restrictions must be recorded in the statement of the problem, and restrictions on the functions of applicability.

Another mechanism of distribution of products – selling products. This mechanism is influenced by the prices of traded goods, the price change will change the distribution of products (even assuming that all manufactured products will be purchased and used). Distribution of products affects both the operational and production costs, then the same can be said about prices. The price of the product can be considered as one of the parameters, and technical parameters subject to optimization. Above, when determining the volume $V^{(i)}$, it was assumed that instead of some a given level of output with the required parameter x uses the same amount of products with parameter u_i . But it is possible that instead of the unit volume of products with the required parameter x can be used $\theta^{(i)}(x, W)$ units of production on the parameter $u_i \in W$. A function of $\theta^{(i)}(x, W)$ is a function of the substitutability and summarizes the coefficient of substitutability.

Now in case of full satisfaction of demand:

$$V^{(i)} = \int_a^b \varphi(x) \cdot \xi^{(i)}(x, W) \cdot \theta^{(i)}(x, W) dx.$$

If $g(u_i, x)$ is the operating costs arising from the operation unit of production by parameter u_i to the conditions corresponding to the desired parameter x , the total operating costs:

$$Z^{(z)}(W) = \int_a^b \varphi(x) \cdot \xi^{(i)}(x, W) \cdot \theta^{(i)}(x, W) \cdot g(u_i, x) dx.$$

The function of the applicability $\xi^{(i)}(x, W)$, a function of substitutability $\theta^{(i)}(x, W)$ and a function $\varphi(x)$, called the demand function, allow us to construct the optimization model of the parametric range of products. Function of unit costs $c(u; V)$ and $g(u_i, x)$ are used to construct the objective function in the optimization, or rather souls of determining the production and operating costs. Thus constructed the optimization model of one-dimensional parametric range needs to be extended in several directions.

First, it is necessary to optimize not only a one-dimensional parametric range, but also a parallel set of products, i.e. it is necessary to return to the interpretation of the u_i as a set of characteristics that determine the type of product, in particular, in the case of multidimensional parametric number $u_i = (u_i^{(1)}, \dots, u_i^{(m)})$, m – dimensional vector.

Second, conditions may have not only the required values of the parameters (in the case of multi-dimensional series $\bar{x} = (x^{(1)}, \dots, x^{(m)})$) but some other factors. For example, the effects and the costs arising from the operation of the machine, not only depend on its parameters $\bar{x}$, but also on the load factor τ° , the set of factors characterizing the operating conditions, in this case, $\tau = (x, \tau^\circ)$.

The set of all possible required values of the parameters will denote by X . It can be a finite set, especially if the function $\varphi(\bar{x})$, $\bar{x} \in X$ is determined by the poll:

$$X = (\bar{x}_1, \dots, \bar{x}_m).$$

The set X may be different, for example, be determined by the restrictions:

$$a^{(j)} \leq x^{(j)} \leq b^{(j)}.$$

Function of applicability $\xi^{(i)}(\bar{x}, W)$, the substitutability $\theta^{(i)}(\bar{x}, W)$, demand $\varphi(\bar{x})$ and the value of the unit operating costs $g(u_i, \bar{x})$ and specific production costs $c(u_i; V^{(i)})$ can be defined in the same way, only $\bar{x} \in X$ is now a multidimensional quantity.

In the case of a full satisfaction survey total volumes:

$$V^{(i)} = \int_x \varphi(\bar{x}) \cdot \xi^{(i)}(\bar{x}, W) \cdot \theta^{(i)}(\bar{x}, W) d\bar{x}.$$

production costs:

$$Z^{(n)}(W) = \sum_{i=1}^n c(u_i; V^{(i)}) \cdot V^{(i)}.$$

and operating costs:

$$Z^{(z)}(W) = \int_x \varphi(\bar{x}) \cdot \xi^{(i)}(\bar{x}, W) \cdot \theta^{(i)}(\bar{x}, W) \cdot g(u_i, \bar{x}) d\bar{x}.$$

Note that if X is a finite set, then $\int_x \dots d\bar{x}$ becomes $\sum_{x_z \in X}$.

Thus, the transition from the models of one-dimensional parametric optimization of a number of parallel optimization model of the complex. But there was not yet taken into account the fact that the terms of use of the product can definitely not be characterized by the required parameters, $\bar{x}$. In principle, to characterize these terms of use, you can consider a number of factors $\tau \in T$. For example, the conditions characterized by the kind of work you want to perform, and the demand function $\varphi(\tau)$ is the volume of work of the kind τ .

The function $\varphi(\tau)$, $\tau \in T$ can be interpreted differently depending on the view factor τ . In particular, if the environment of the considered factors are the required values of parameters $\tau = (\bar{x}, \tau^\circ)$, $\varphi(\tau)$ is the volume of production parameter x in conditions characterised by factors $\tau = (\bar{x}, \tau^\circ)$. In the other case, $\varphi(\tau)$ is the value of a certain effect in conditions characterized by factors τ .

If the function $\varphi(\tau)$ interpreted one way or another, it is possible to define functions applicability $\xi^{(i)}(\tau, W)$, function of substitutability $\theta^{(i)}(\tau, W)$ and the value of specific operating costs $g(u_i, \tau)$ analogously as it was done above.

In this extended model, if you set function $\varphi(\tau)$, production volumes and production and maintenance costs are determined the same way as was done above:

$$V^{(i)} = \int_T \varphi(\tau) \cdot \xi^{(i)}(\tau, W) \cdot \theta^{(i)}(\tau, W) d\tau;$$

$$Z^{(n)}(W) = \sum_{i=1}^n c(u_i; V^{(i)}) \cdot V^{(i)};$$

$$Z^{(z)}(W) = \int_T \varphi(\tau) \cdot \xi^{(i)}(\tau, W) \cdot \theta^{(i)}(\tau, W) \cdot g(u_i, \tau) d\tau.$$

Conclusion. If $\varphi(\tau)$ is not set, i.e. is subject to optimization, then turn to the General scheme of optimization of parameters of objects of standardization, namely to determine the effects and the costs incurred. from the use of products in conditions characterized by factors τ , form the objective function and constraints and solve the corresponding formal mathematical optimization problem. The objective function in this approach, there may be some technical specifications that reflect the operation of parallel complex W as restrictions there may be restrictions on the total cost.

References

1. <https://www.mathworks.com/moler/exm/book.pdf>.
2. <http://www.unchainedgeometry.com/jbloom/pdf/homog-coords.pdf>.

3. <http://www2.stat.duke.edu/~michael/book.pdf>.
4. http://www.who.int/medicines/areas/quality_safety/quality_assurance/SupplementaryGMPHeatingVentilationAirconditioningSystemsNonSterilePharmaceuticalDosageFormsTRS961Annex5.pdf.
5. <https://www.books.google.com.ua/books?isbn=0195349946>.
6. <https://www.highered.mheducation.com/sites/dl/free/.../samplech01.pdf>.
7. <https://www.home.ubalt.edu/ntsbarsh/opre640a/partviii.htm>.
8. <https://www.web.mit.edu/paltsev/www/docs/move04.html>.
9. Voytyuk, V. D., Voytyuk, A. V. (2016). Organizational-economic mechanism of innovative development of technically-potential agricultural production: financial aspect. Scientific Bulletin of National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Series: Machinery and Energetics AIC. K., 2016, Vyp. 241, 203–211.
10. <https://www.arxiv.org/pdf/1604.04890>.
11. Rogovskii, I. L., Melnyk, V. I. (2016). Model of parametric synthesis rehabilitation agricultural machines. Scientific Bulletin of National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Series: Machinery and Energetics AIC. K., Vyp. 241, 387–395.

АНАЛІТИЧНІ МОДЕЛІ ПАРАЛЕЛЬНИХ КОМПЛЕКСІВ СИСТЕМИ МАШИН РОСЛИННИЦТВА

В. Д. Войтюк, І. Л. Роговський

Анотація. *Методи оптимізації паралельних комплексів займають значне місце в комплексі як кількісні методи оптимізації параметрів об'єктів стандартизації. Прикладами паралельного комплексу є паралельні технологічні лінії, паралельно з'єднані елементи, схеми і т.д. Паралельний комплекс продукції системи машин рослинництва це набір кількох видів продукції, що володіє частковою взаємозамінністю.*

Оптимальний паралельний комплекс продукції слід вибирати з урахуванням майбутнього зміни умов виробництва і використання (експлуатації) продукції. Таким чином, у стандартизації виникають саме динамічні моделі оптимізації, а не статичні. З допомогою таких динамічних моделей повинні вирішуватися питання, пов'язані з оптимальними моментами постановки продукції на виробництво, зміни модифікацій, зняття з виробництва та експлуатації і т.д. Ці питання мають вирішуватися одночасно з вибором оптимальних параметрів продукції. Статичні моделі оптимізації з'являються як результат спрощення вихідної динамічної моделі. Статичні моделі використовуються для отримання наближених результатів. Вони застосовуються тому, що для них простіше отримувати необхідні дані й простіше будувати обчислювальні процедури. Проте при цьому ускладнюється інтерпретація понять, що складають основу моделі, так як ці поняття можуть бути інтерпретовані по-різному в залежності від способу зведення вихідної динамічної моделі оптимізації до статичної. Більш того,

для застосування готових статистичних моделей необхідно будувати досить складні, пристосовані до конкретних умов процедури визначення вихідних даних.

Ключові слова: метод, оптимізація, параметр, об'єкт, стандартизація, система машин, рослинництво

АНАЛИТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ СИСТЕМЫ МАШИН РАСТЕНИЕВОДСТВА

В. Д. Войтюк, И. Л. Rogovskiy

Аннотация. Методы оптимизации параллельных комплексов занимают значительное место в комплексе как количественные методы оптимизации параметров объектов стандартизации. Примерами параллельного комплекса являются параллельные технологические линии, параллельно соединенные элементы, схемы и т.д. Параллельный комплекс продукции системы машин растениеводства это набор нескольких видов продукции, обладающей частичной взаимозаменяемостью.

Оптимальный параллельный комплекс продукции следует выбирать с учетом будущего изменения условий производства и использования (эксплуатации) продукции. Таким образом, в стандартизации возникают именно динамические модели оптимизации, а не статические. С помощью таких динамических моделей должны решаться вопросы, связанные с оптимальными моментами постановки продукции на производство, смены модификаций, снятия с производства и эксплуатации и т.д. Эти вопросы должны решаться одновременно с выбором оптимальных параметров продукции. Статические модели оптимизации появляются как результат упрощения исходной динамической модели. Статические модели используются для получения приближенных результатов. Они применяются потому, что для них проще получать необходимые данные и проще строить вычислительные процедуры. Однако при этом усложняется интерпретация понятий, составляющих основу модели, так как эти понятия могут быть интерпретированы по-разному в зависимости от способа сведения исходной динамической модели оптимизации к статической. Более того, для применения готовых статистических моделей необходимо строить достаточно сложные, приспособленные к конкретным условиям процедуры определения исходных данных.

Ключевые слова: метод, оптимизация, параметр, объект, стандартизация, система машин, растениеводство

ТРАНСФОРМАНТА ГІЛЬБЕРТА ПРИ КОНТРОЛІ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ КОРМОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА

І. Л. Роговський, кандидат технічних наук

К. О. Держан, аспірант*

e-mail: rogovskii@yandex.ua

Анотація. Наведено результати досліджень вібраційних характеристик форсунок дизелів з застосуванням перетворення Гільберта та встановлена можливість використання їх для діагностування технічного стану кормозбирального комбайна. Відомо, що процес подачі пального є короткочасним неусталеним рухом стискання рідини, при якому від насоса до форсунки зі швидкістю звука йде первинна хвиля тиску. Різкий перехід від поперечного перерізу каналу паливопроводу до перерізу соплових отворів гальмує рух пального і викликає гідравлічний удар. В момент впорскування через розпилюючі отвори потік пального має турбулентний характер. Турбулентність виникає також і в результаті стискання струменю в соплі і наступного розширення. Турбулентний рух рідини характеризується нерегулярністю, неупорядкованою зміною (пульсацією) швидкості в часі в кожній точці потоку і пульсацією тиску. Спектр амплітуд і частот пульсацій швидкості і тиску досить широкий. Таким чином, основними джерелами коливань корпусу форсунки є рух голки розпилювача та гідродинамічні процеси, що виникають в процесі подачі і впорскування пального. А такі відмови, як зміна зусилля попередньої затяжки і поломка пружини форсунки, зависання голки розпилювача і зміна циклової подачі пального призводять до зміни цих гідродинамічних процесів, що безумовно відображається і на віброакустичних процесах, що протікають у форсунці.

Отже, віброакустичні характеристики форсунок можуть бути використані для безрозбірної діагностики їх безпосередньо на дизелі.

Ключові слова: вузол, дефект, параметр, трансформанта, кормозбиральний комбайн

Постановка проблеми. Широке застосування віброакустичного методу діагностування для оцінки технічного стану віброактивних вузлів машин пояснюється універсальністю методу і можливістю виявлення широкого кола дефектів без розбирання цих вузлів, технологічністю первинних перетворювачів (вібродатчиків)

***Науковий керівник – кандидат технічних наук І. Л. Роговський**

© І. Л. Роговський, К. О. Держан, 2016

і зручністю установки їх на об'єкт. Однак, вібраційний процес є сукупністю значної кількості сигналів, які розповсюджуються від віброактивних джерел до датчиків, що ускладнює виділення корисної діагностичної інформації. Динамічні процеси, які протікають і різних кінематичних парах і системах машин, відрізняються моментом появи ударного імпульсу, частотою повторення і інтенсивністю взаємодії. Оцінка ж роботоздатності форсунок безпосередньо на дизелі дуже важлива, оскільки виділення корисної інформації із вібраційного процесу застосовують різні методи локалізації: часової, частотної і амплітудної селекції. Аналіз діагностичного сигналу ускладнюється також швидкоплинністю вібраційних процесів, які протікають, наприклад, в форсунках дизельних двигунів.

Аналіз останніх досліджень. Відомо, що процес подачі пального є короткочасним неусталеним рухом стискання рідини, при якому від насоса до форсунки зі швидкістю звука йде первинна хвиля тиску. Різкий перехід від поперечного перерізу каналу паливопроводу до перерізу соплових отворів гальмує рух пального і викликає гідравлічний удар. В момент впорскування через розпилюючі отвори потік пального має турбулентний характер. Турбулентність виникає також і в результаті стискання струменю в соплі і наступного розширення. Турбулентний рух рідини характеризується нерегулярністю, неупорядкованою зміною (пульсацією) швидкості в часі в кожній точці потоку і пульсацією тиску. Спектр амплітуд і частот пульсацій швидкості і тиску досить широкий. Таким чином, основними джерелами коливань корпусу форсунки є рух голки розпилювача та гідродинамічні процеси, що виникають в процесі подачі і впорскування пального. А такі відмови, як зміна зусилля попередньої затяжки і поломка пружини форсунки, зависання голки розпилювача і зміна циклової подачі пального призводять до зміни цих гідродинамічних процесів, що безумовно відображається і на віброакустичних процесах, що протікають у форсунці. Отже, віброакустичні характеристики форсунок можуть бути використані для безрозбірної діагностики їх безпосередньо на дизелі. Найважливішою здатністю є виділення із вібраційного процесу інформативних складових і формування з них діагностичних параметрів. Оцінка загального рівня вібрації в дефекаційних зонах агрегатів машин не забезпечує достатньої точності результатів діагнозу [1]. Більш ефективний частотний аналіз сигналів, який дозволяє виділити необхідну інформативну складову. Наприклад, енергія вібрації, що формується співударяннями поршня об гільзу, зосереджена в діапазоні частот від 2 до 6 кГц, клапанного механізму газорозподілу – від 5 до 9 кГц, форсунки – від 10 до 20 кГц [2]. Такий метод виділення вібрацій окремих механізмів агрегатів машин застосовувався в електронній діагностичній установці ДИПС [3].

Аналіз робіт з цього напрямку [4] свідчить, що енергія вібрації форсунок найбільш активно проявляється в діапазоні частот від 12 кГц до 18 кГц. Частота власних коливань форсунки знаходиться в ультразвуковому частотному діапазоні [5]. Однак, автори неоднозначні у впливі ударної дії голки розпилювача на вібраційні характеристики форсунки.

Найбільш реальним, на наш погляд, з практичної точки зору, є використання вібраційних характеристик форсунок для оцінки ідентичності їх роботи на дизелі, визначення кута випередження початку впорскування, виявлення таких відмов, як поломка пружини форсунки та зависання голки розпилювача.

Мета досліджень: визначити можливість оцінки роботоздатності форсунок за їх вібраційними характеристиками.

Результати досліджень. В загальному вигляді віброакустичний підхід до діагностування оснований на вираженні стану віброактивного вузла в часовій області t в вигляді диференційного рівняння: $F\left(\ddot{x}, \dot{x}, x, g, t\right)=0$, яке пов'язує

віброакустичні параметри $\ddot{x}, \dot{x}, x$ – узагальнені прискорення, швидкість, переміщення – відповідно вектору стану g .

Часто при дослідженні коливань здійснюють перехід до комплексного простору. Це дозволяє розглянути процес коливань в часі. Найчастіше для переходу від матеріального простору до комплексного в часовій області застосовують побудову вектора уявної частини комплексного вектора як перетворення Гільберта вихідного матеріального вектора.

Експериментальна установка для проведення досліджень включала: стенд КИ-6251 для випробування і регулювання дизельної паливної апаратури з електронним блоком задачі і індикації контрольованих параметрів паливного насоса ЛСТНФ; ПЕОМ з платою L-1250 для вводу, виводу і оброблення аналогової та цифрової інформації. Форсунка з вібродатчиком установлювалась в датчик впорскування навісної конструкції, що виключало вплив роботи стенда на сигнал вібродатчика. На рис. 1,а представлено сигнал віброперетворювача, установленного на торці гайки форсунки. Як видно, сигнал не зручний навіть для візуального порівняння сигналів форсунок з різних циліндрів двигуна.

Програмне забезпечення, яке застосовувалось, дозволяє отримувати перетворення Гільберта шляхом прямого і зворотного перетворення Фур'є, яке представлено на рис. 1,б та рис. 1,в.

На сигналі датчика, як і на трансформанті Гільберта (рис. 1,б), чітко проглядається два характерних віброімпульси, які відповідають

підйому і посадці голки розпилювача. При збільшенні частоти обертання (рис. 1,в) в 2 рази зростає амплітуда першого віброімпульсу.

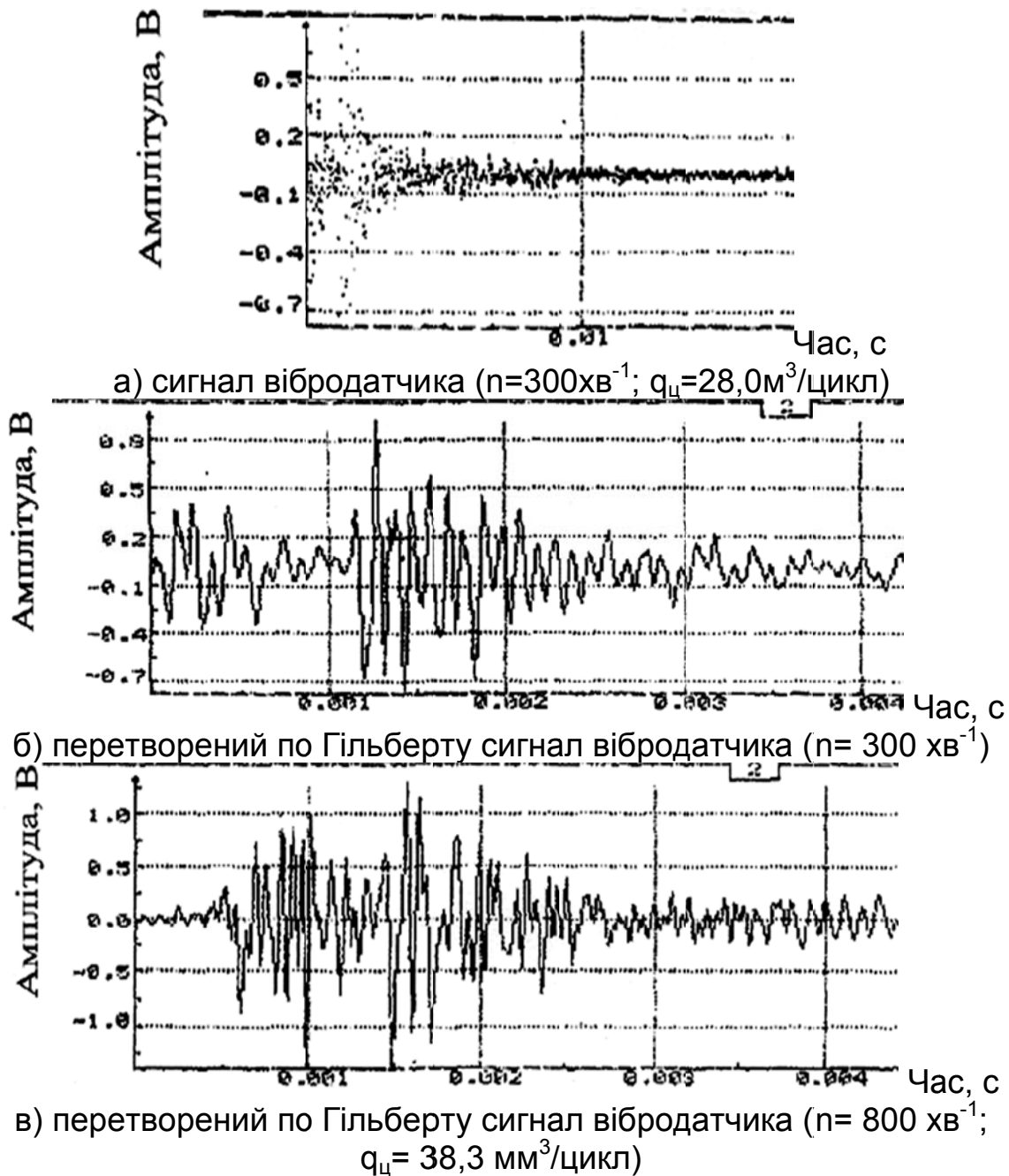
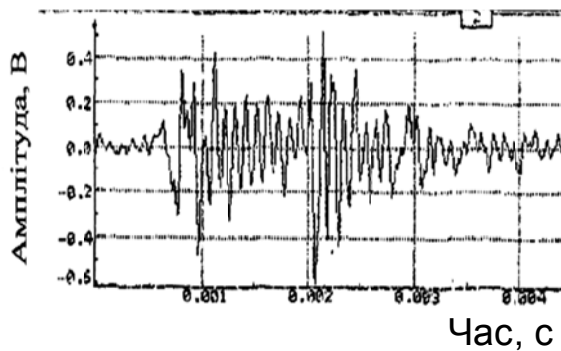
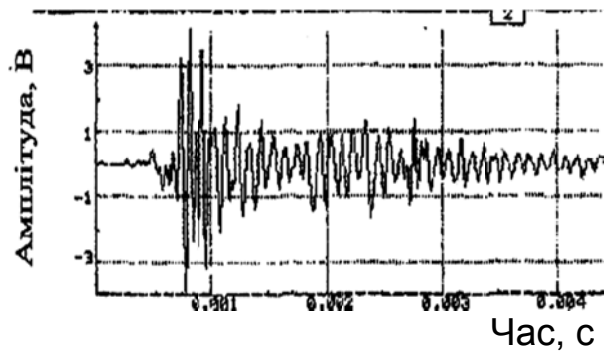


Рис. 1. Реалізація вібрацій форсунки ФД-22 при $P_{\text{ф}} = 17,5 \text{ МПа}$.

На наступному етапі (рис. 2) імітувалась поломка пружини форсунки зменшенням тиску $P_{\text{ф}}$ до $8,0 \text{ МПа}$. Положення рейки насоса залишалось незмінним. На режимі $n=300 \text{ хв}^{-1}$ (рис. 2,а) зменшилась амплітуда другого віброімпульсу в 1,5 рази. При збільшенні частоти обертання при такому дефекті в 6 разів зростає амплітуда першого віброімпульсу і зникає другий віброімпульс, що навіть візуально відображає таку несправність форсунки (рис. 2,б).



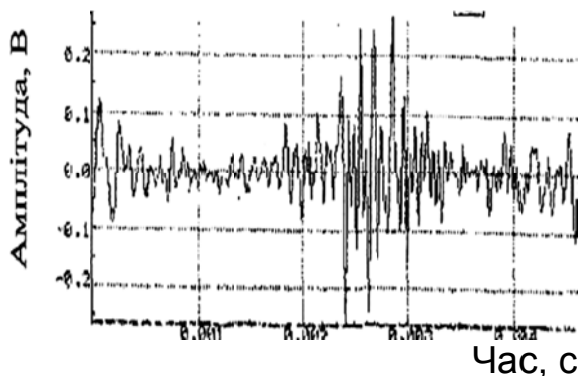
а) перетворений по Гільберту
сигнал вібродатчика
($n=300 \text{ хв}^{-1}$)



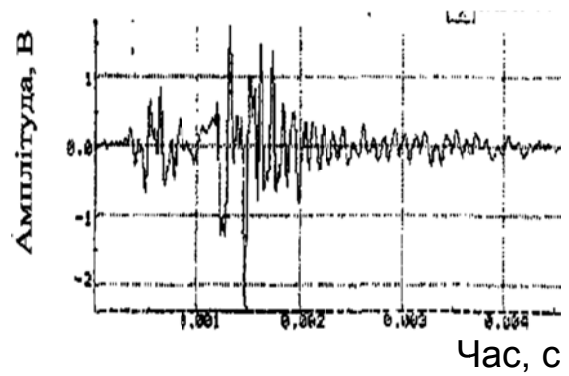
б) перетворений по Гільберту
сигнал вібродатчика
($n=800 \text{ хв}^{-1}$; $q_{\text{ц}}=40,0 \text{ мм}^3/\text{цикл}$)

Рис. 2. Реалізація вібрацій форсунки ФД-22 при поламаній пружині ($P_{\text{ф}}=8,0 \text{ МПа}$).

На рис. 3 представлено реалізацію вібрації форсунки під час зависання голки розпилювача. Герметичність розпилювача незадовільна, циклова подача зменшилася до $8,7 \text{ мм}^3/\text{цикл}$. Такий дефект призводить до суттєвих змін сигналу вібродатчика (рис. 3,б). Тривалість його збільшується в 3 рази, а амплітуда зменшується в 4 рази. Такі зміни відображає і перетворення Гільберта (рис. 3,а).



а) перетворений по Гільберту
сигнал вібродатчика
($n=300 \text{ хв}^{-1}$)

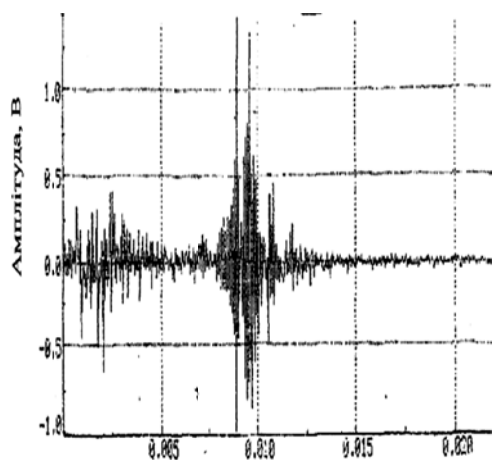


б) перетворений по Гільберту
сигнал вібродатчика
($n=800 \text{ хв}^{-1}$; $q_{\text{ц}}=31,6 \text{ мм}^3/\text{цикл}$)

Рис. 3. Реалізація вібрацій форсунки ФД-22 при зависанні голки розпилювача.

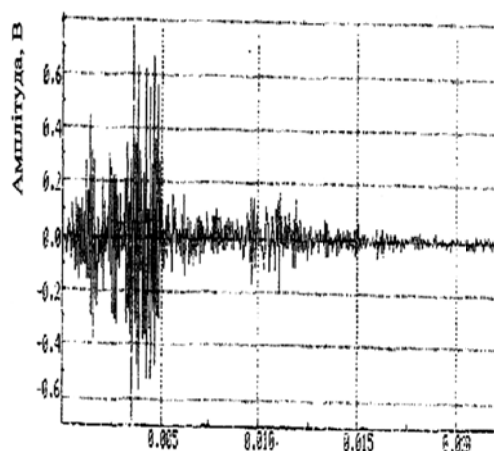
Зменшення амплітуди вібросигналу пояснюється тим, що коли голка знаходиться в завислому стані, пальне без затримки надходить до розпилюючих отворів. Внаслідок цього зменшується тиск перед розпилюючими отворами, що зменшує швидкість турбулентного руху частинок пального, які також визначають енергію вібрацій форсунки. Аналогічне явище спостерігається і у випадку послаблення затяжки пружини внаслідок її поломки. Пальне практично вільно проходить через розпилювач. При збільшенні частоти обертання різко збільшується тиск пального, що і підвищує інтенсивність вібрацій. Загалом, результати проведених

експериментів свідчать про можливість оцінки ідентичності роботи форсунок і виявлення таких дефектів, як поломка пружини і зависання голки розпилювача за віброакустичними параметрами.



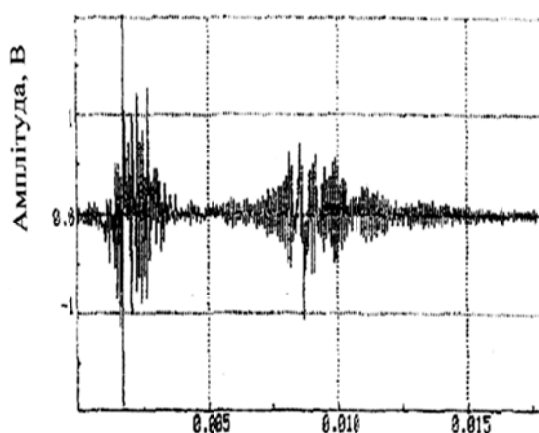
Час, с

Рис. 4. Вібрація форсунки ФД-22 на двигуні трактора при $P_{\phi}=27,0$ МПа.

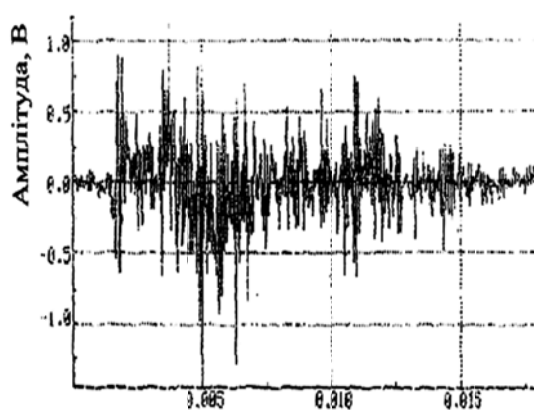


Час, с

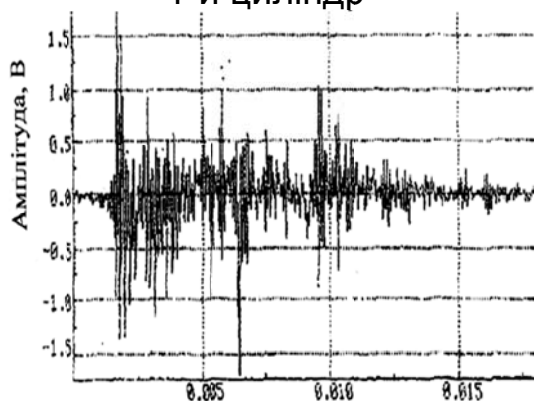
Рис. 5. Вібрація форсунки ФД-22 на двигуні трактора при $P_{\phi}=8,0$ МПа.



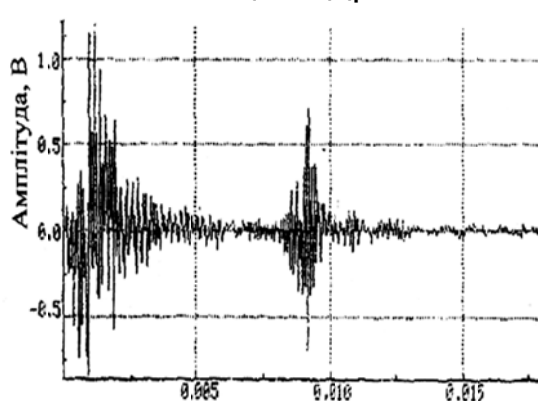
1-й циліндр



2-й циліндр



3-й циліндр



4-й циліндр

Рис. 6. Результати оброблення вібросигналів штатних форсунок двигуна трактора при $n = 900$ хв⁻¹.

На другому етапі вібраційні характеристики форсунок досліджувалися на дизелі Д 65Н трактора ПМЗ-6АКЛ. Вібродатчик і форсунка застосовувались ті, що і під час стендових випробувань. Форсунка з датчиком установлювалась на місце штатної форсунки третього циліндра. Спектральний аналіз вібраційних процесів показав, що основним спектром частот вібрації форсунки на двигуні є частоти в діапазоні від 5 кГц до 10 кГц, а вібрація головки циліндрів (вібродатчик встановлювався на шпильку головки двигуна) відбувається на частоті 2 кГц, яка знаходиться за межами цього діапазону і не спотворює сигнал з форсунки. Для імітації дефектів, не знімаючи форсунки з двигуна, за допомогою пристрою для перевірки форсунок тиск початку впорскування змінювався. Збільшення тиску початку впорскування до 27,0 МПа (рис. 4), що створює умови заклинювання розпилювача, призводить до зменшення тривалості діагностичного сигналу майже в 2 рази.

Зменшення тиску початку впорскування ($P_{\phi}=8,0$ МПа), що відповідає випадку поломки пружини форсунки, призводить (рис. 5) до зміни форми сигналу і збільшення тривалості впорскування в 1,5 рази. При цьому спостерігається димний вихлоп двигуна, що є наслідком незадовільного розпилювання палива і порушення робочого процесу в циліндрі двигуна.

На рис. 6 представлені результати оброблення вібросигналів штатних форсунок двигуна, які свідчать про неідентичність їх роботи. Одержані результати відповідають даним стендових випробувань і підтверджують адекватність оцінки технічного стану форсунок.

Висновок. Енергія вібрацій форсунки ФД-22 найбільш активно проявляється на частотах від 5 кГц до 10 кГц. Застосування перетворення Гільберта для аналізу вібросигналів дозволило встановити можливість використання його для оцінки ідентичності роботи форсунок на працюючому дизелі та виявлення таких дефектів, як поломка пружини, зависання голки розпилювача.

Список літератури

1. *Роговский И. Л.* Безвідмовність паливної системи ДВЗ кормозбиральних комбайнів / *И. Л. Роговский, К. О. Держан* // Збірник тез доповідей III Міжнародної науково-технічної конференції «Крамаровські читання» (17-18 лютого 2016 року) / Національний університет біоресурсів і природокористування України. – К., 2016. – С. 112–114.
2. *Дубровин Валерий.* Периодичность в системе технического обслуживания кормоуборочных комбайнов / *Валерий Дубровин, Евгениуш Красовски, Константин Держан, Иван Роговский* // Motrol: Motorization and power industry in agriculture. – 2014. – Том 16, № 3. – Р. 288–295.
3. *Пакет обработки сигналов* / Ч. 1. Руководство пользователя. Ч. II. Алгоритмы обработки. Ч. III. Методические указания по обработке. – М.: МПП «Мера», 1996. – 168 с.

4. *Роговский И. Л.* Влияние условий эксплуатации на технический стан кормозбиральных комбайнов / *И. Л. Роговский, К. О. Держан* // Сборник тез доповідей XI Міжнародної науково-практичної конференції «Обухівські читання» (1 березня 2016 року) / Національний університет біоресурсів і природокористування України. – К., 2016. – С. 73–74.
5. *Роговский И. Л.* Техническое обслуживание кормозбиральных комбайнов в условиях рядовой эксплуатации / *И. Л. Роговский, К. О. Держан* // Сборник тез доповідей XII Міжнародної наукової конференції «Рациональное использование энергии в технике» (17-20 травня 2016 року) / Національний університет біоресурсів і природокористування України. – К., 2016. – С. 87–89.

References

1. *Rohovsky, I. L., Derzhan, K. O.* (2016). Bezvidmovnist' palyvnoyi systemy DVZ kormozbyral'nykh kombayniv [The reliability of the fuel system of internal combustion engines forage harvesters]. Zbirnyk tez dopovidey III Mizhnarodnoyi naukovo-tekhnichnoyi konferentsiyi «Kramarovs'ki chytannya» (17-18 lyutoho 2016 roku) / Natsional'nyy universytet bioresursiv i pryrodokorystuvannya Ukrayiny. K., 112–114.
2. *Dubrovyn Valeryy, Evhenyush Krasovsky, Konstantyn Derzhan, Ivan Rohovsky.* (2014). Peryodychnost' v systeme tekhnicheskoho obsluzhyvannya kormouborochnykh kombaynov [The frequency of the maintenance system for forage harvesters]. Motrol: Motorization and power industry in agriculture. T. 16, 3, 288–295.
3. *Paket obrabotky sygnalov* (1996). [Package signal processing] / Ch. 1. Rukovodstvo pol'zovatelya. Ch. II. Alhorytmny obrabotky. Ch. III. Metodicheskiye ukazaniya po obrabotke. M.: MPP «Mera», 168.
4. *Rohovsky, I. L., Derzhan, K. O.* (2016). Vplyv umov ekspluatatsiyi na tekhnichnyy stan kormozbyral'nykh kombayniv [The influence of operating conditions on the technical condition of the forage harvesters]. Zbirnyk tez dopovidey XI Mizhnarodnoyi naukovo-praktychnoyi konferentsiyi «Obukhivs'ki chytannya» (1 bereznya 2016 roku) / Natsional'nyy universytet bioresursiv i pryrodokorystuvannya Ukrayiny. K., 73–74.
5. *Rohovsky, I. L., Derzhan, K. O.* (2016). Tekhnichne obsluhovuvannya kormozbyral'nykh kombayniv v umovakh ryadovoyi ekspluatatsiyi [Maintenance of forage harvesters in the conditions of ordinary operation]. Zbirnyk tez dopovidey XII Mizhnarodnoyi naukovoyi konferentsiyi «Ratsional'ne vykorystannya enerhiyi v tekhnitsi» (17-20 travnya 2016 roku) / Natsional'nyy universytet bioresursiv i pryrodokorystuvannya Ukrayiny. K., 87–89.

ТРАНСФОРМАНТА ХИЛБЕРТ ПРИ КОНТРОЛЕ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ КОРМОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА

И. Л. Роговский, К. А. Держан

Аннотация. Приведены результаты исследований вибрационных характеристик форсунок дизелей с применением преобразования Гильберта и установлена возможность использования их для диагностики технического состояния кормоуборочного комбайна. Известно, что процесс подачи топлива является кратковременным неусталенным движением сжатия жидкости, при котором от насоса до форсунки со скоростью звука идет первичная волна давления. Резкий переход от поперечного сечения канала топливопровода к сечению

сопловых отверстий тормозит движение горючего и вызывает гидравлический удар. В момент впрыскивания через распыляющие отверстия поток топлива имеет турбулентный характер. Турбулентность возникает также и в результате сжатия струи в сопле и следующего расширения. Турбулентное движение жидкости характеризуется нерегулярностью, неупорядоченной изменением (пульсацией) скорости во времени в каждой точке потока и пульсацией давления. Спектр амплитуд и частот пульсаций скорости и давления достаточно широк. Таким образом, основными источниками колебаний корпуса форсунки является движение иглы распылителя и гидродинамические процессы, возникающие в процессе подачи и впрыска топлива. А такие отказы, как изменение усилия предварительной затяжки и поломка пружины форсунки, зависание иглы распылителя и изменение цикловой подачи топлива приводят к изменению этих гидродинамических процессов, что безусловно отражается и на виброакустических процессах, протекающих в форсунке.

Итак, виброакустические характеристики форсунок могут быть использованы для безразборной диагностики их непосредственно на дизеле.

Ключевые слова: узел, дефект, вариант, трансформанта, кормоуборочный комбайн

TRANSFORMANT HILBERT IN CONTROL PARAMETERS OF TECHNICAL CONDITION OF FORAGE HARVESTER

I. L. Rogovskii, K. O. Derzan

Abstract. *The results of investigations of vibration characteristics of diesel nozzles with the use of the Hilbert transform and the possibility of their use for diagnostics of the technical condition forage harvester. It is known that fuel supply is short neostalinism movement of the compression liquid, wherein from the pump to nozzle at speed of sound is the primary wave pressure. The abrupt transition from the cross section of the fuel channel to the cross section of nozzle inhibits the movement of fuel and causing a hydraulic shock. At the time of injection through the spray holes of fuel flow has a turbulent nature. Turbulence occurs also as a result of compression of the jet in the nozzle and following the expansion. Turbulent fluid flow is characterized by irregular, disordered change (pulsation) of the velocity in time in each point of the flow and pressure pulses. Range of amplitudes and frequencies of pulsations of velocity and pressure is quite broad. Thus, the main sources of the fluctuations in the housing of the atomizer is needle atomizer, and hydrodynamic processes that occur in the process of injection of fuel. And these failures, as the change efforts pre-tightening and breakage of spring injector stuck in the needle spray, and change of*

cyclic fuel supply lead to changes in these hydrodynamic processes, which is certainly reflected in vibro-acoustic processes in the jet.

So, the vibro-acoustic characteristics of nozzles can be used for CIP diagnosis directly on the engine.

Key words: *knot, defect, option, transformant, forage harvester*

УДК 631.372.62

АНАЛІЗ ЕКСПЛУАТАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ БЕЗВІДМОВНОСТІ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ

О. М. Бистрий, здобувач*

І. Л. Роговський, кандидат технічних наук

e-mail: rogovskii@yandex.ua

Анотація. *В процесі експлуатації зернозбиральних комбайнів основним критерієм ефективного використання їх є максимально допустима продуктивність при найменших затратах живої і уречевленої праці із заходами дотримання агротехнологічної якості виконання технологічного процесу та вимог охорони праці і впливу на навколишнє середовище. Тому одним із дієвих напрямків забезпечення максимально допустимої продуктивності зернозбирального комбайна є його експлуатаційно-технологічна безвідмовність.*

Для встановлення аналітичного зв'язку між показниками продуктивності зернозбирального комбайна і його експлуатаційно-технологічної безвідмовності, як складної технічної системи при заданій якості, необхідно застосувати загальну теорію надійності і продуктивності, які з високим ступенем достовірності можемо застосувати ототожнено до виробничих технологічних процесів.

Ключові слова: *аналіз, експлуатація, технологічність, безвідмовність, зернозбиральний комбайн*

Постановка проблеми. В процесі експлуатації зернозбиральних комбайнів [1] основним критерієм ефективного використання їх є максимально допустима продуктивність при найменших затратах живої і уречевленої праці із заходами дотримання агротехнологічної якості виконання технологічного процесу [2] та вимог охорони праці і впливу на навколишнє середовище [3].

***Науковий керівник – кандидат технічних наук І. Л. Роговський**

© О. М. Бистрий, І. Л. Роговський, 2016

cyclic fuel supply lead to changes in these hydrodynamic processes, which is certainly reflected in vibro-acoustic processes in the jet.

So, the vibro-acoustic characteristics of nozzles can be used for CIP diagnosis directly on the engine.

Key words: *knot, defect, option, transformant, forage harvester*

УДК 631.372.62

АНАЛІЗ ЕКСПЛУАТАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ БЕЗВІДМОВНОСТІ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ

О. М. Бистрий, здобувач*

І. Л. Роговський, кандидат технічних наук

e-mail: rogovskii@yandex.ua

Анотація. *В процесі експлуатації зернозбиральних комбайнів основним критерієм ефективного використання їх є максимально допустима продуктивність при найменших затратах живої і уречевленої праці із заходами дотримання агротехнологічної якості виконання технологічного процесу та вимог охорони праці і впливу на навколишнє середовище. Тому одним із дієвих напрямків забезпечення максимально допустимої продуктивності зернозбирального комбайна є його експлуатаційно-технологічна безвідмовність.*

Для встановлення аналітичного зв'язку між показниками продуктивності зернозбирального комбайна і його експлуатаційно-технологічної безвідмовності, як складної технічної системи при заданій якості, необхідно застосувати загальну теорію надійності і продуктивності, які з високим ступенем достовірності можемо застосувати ототожнено до виробничих технологічних процесів.

Ключові слова: *аналіз, експлуатація, технологічність, безвідмовність, зернозбиральний комбайн*

Постановка проблеми. В процесі експлуатації зернозбиральних комбайнів [1] основним критерієм ефективного використання їх є максимально допустима продуктивність при найменших затратах живої і уречевленої праці із заходами дотримання агротехнологічної якості виконання технологічного процесу [2] та вимог охорони праці і впливу на навколишнє середовище [3].

***Науковий керівник – кандидат технічних наук І. Л. Роговський**

© О. М. Бистрий, І. Л. Роговський, 2016

Тому одним із дієвих напрямків забезпечення максимально допустимої продуктивності зернозбирального комбайна є його експлуатаційно-технологічна безвідмовність.

Для встановлення аналітичного зв'язку між показниками продуктивності зернозбирального комбайна і його експлуатаційно-технологічної безвідмовності, як складної технічної системи при заданій якості, необхідно застосувати загальну теорію надійності і продуктивності, які з високим ступенем достовірності можемо застосувати ототожнено до виробничих технологічних процесів.

Аналіз останніх досліджень. Існуючі на сьогодні наукові підходи до методичного супроводу визначення продуктивності зернозбиральних комбайнів в процесі їх рядової експлуатації не враховують експлуатаційно-технологічну безвідмовність самих самохідних сільськогосподарських машин [4]. Теперішніх наукових результатів досліджень з питань встановлення впливу експлуатаційно-технологічної безвідмовності комбайнів на їх техніко-економічні показники актуально недостатньо [5]. Тому і ставиться задача з встановлення зв'язку позациклових часу добового наробітку і показників безвідмовності зернозбиральних комбайнів. При будь-яких видах польових сільськогосподарських робіт [6] існує можливість аналізувати затрати часу та їх організацію за циклами [7].

Мета досліджень – сформулювати аналітичні підходи до аналізу експлуатаційно-технологічної безвідмовності зернозбиральних комбайнів.

Результати досліджень. В добовий баланс часу експлуатації зернозбирального комбайна $T_{дб}$ входить (рис. 1): робочий час – T_p , час холостого ходу комбайна в загоні – T_x , час на технологічне обслуговування комбайна – $T_{то}$, час на усунення випадкових несправностей технологічного і технічного характеру – T_n , підготовчо-заклучний час – $T_{пз}$ (підготовка комбайна до роботи, проведення регламентного технічного обслуговування, на переїзд до місця роботи), $T_{рх}$ – час руху комбайна, $T_{ц}$ – час циклу технологічного процесу збирання зерна комбайном, $T_{пр}$ – час технологічного процесу збирання зерна комбайном.

Величини показників T_x , $T_{то}$, T_n безпосередньо мають вплив на протікання технологічного процесу збирання зернових культур, так їх безпосереднє збільшення уповільнює швидкість процесу, тобто зменшується час чистої роботи комбайна і його продуктивність стає меншою за максимально допустиму за визначених виробничих умов експлуатації.

Величина показника $T_{пз}$ характеризує вплив лише опосередковано на експлуатаційно-технологічну безвідмовність зернозбиральних комбайнів. Таким підтвердження є порушення

технології регламентного технічного обслуговування і його несвоєчасність призводить до збільшення кількості випадкових відмов та збільшення часу, який необхідно затратити на відновлення працездатності зернозбирального комбайна.

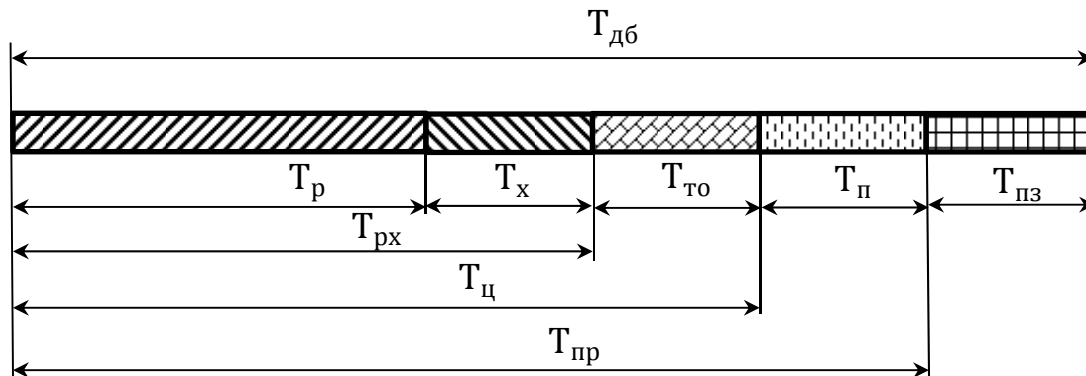


Рис. 1. Баланс часу добової експлуатації зернозбиральних комбайнів.

Простої з організаційних причин за несприятливих метеорологічних умов, виробничих та фізіологічних потреб на робочий технологічний процес збирання зернових культур мають вплив, однак в дисертаційній роботі нами не були розглянуті, як такі, що не суттєво впливають на експлуатаційно-технологічну безвідмовність зернозбиральних комбайнів.

Аналіз балансу часу добової експлуатації зернозбиральних комбайнів дозволяє враховувати ряд особливостей, а саме час на технологічне обслуговування $T_{то}$ складає необхідність на вивантаження зерна із бункера комбайна. Однак якщо вивантаження зерна відбувається на ходу, то тоді час на цю операцію не затрачається $T_{то} = 0$.

Час на усунення випадкових несправностей може бути розподілено на час $t_{то}$ – тривалість випадкових простоїв з причини технологічних несправностей, t_T – тривалість простоїв з причини технічних несправностей. Крім того необхідно враховувати випадковий показник $t_{тр}$ – тривалість випадкових простоїв з причини очікування транспортних засобів для перевантаження зібраного врожаю зернових сільськогосподарських культур від комбайна (як свідчать окремі дослідники цей показник може становити при роботі зернозбиральних комбайнів до 16-31% втрат часу від добового балансу через подібні випадкові події).

Збирання зернових колових сільськогосподарських культур прямим комбайнуванням відбувається на полях, для яких довжина гонів не перевищує 500 метрів. Такі польові наділи рекомендовано збирати при русі комбайнів за колом з правим поворотом. В цьому

випадку холостий хід відсутній, тобто $T_x = 0$. Час на підготовку поля до збирання в балансі часу добової експлуатації комбайна не включаємо, за умови своєчасного виконання даної технологічної операції до набуття терміну агробіологічної стиглості зернових культур. Отже, баланс часу добової експлуатації комбайна під час збирання зернових культур прямим комбайнуванням, який в подальшому розглядається в дисертаційній роботі, графічно представлено на рис. 2.

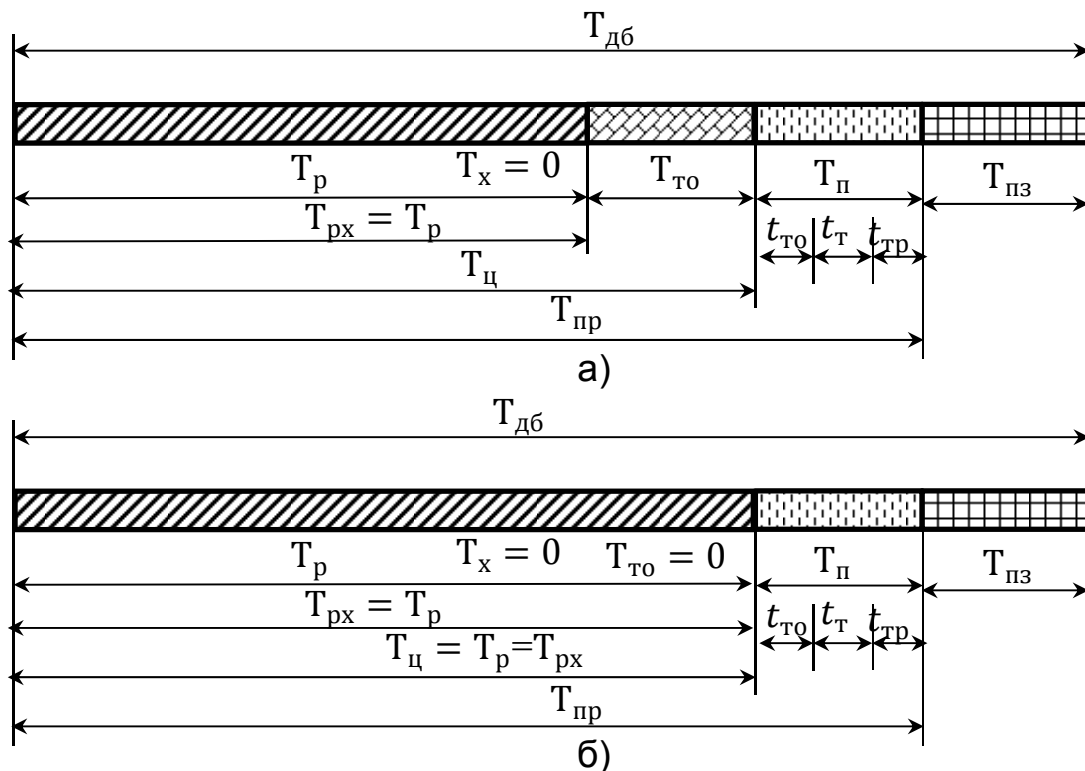


Рис. 2. Баланс часу добової експлуатації зернозбиральних комбайнів: а) при зупинках для перевантаження зібраного зерна із бункера комбайна до транспортного засобу; б) для перевантаження зібраного зерна із бункера комбайна до транспортного засобу без зупинки процесу збирання (на ходу).

Затрати часу добової експлуатації зернозбирального комбайна будемо розглядати як циклові (T_x , $T_{то}$, T_p) і позациклові ($T_{п}$ і $T_{пз}$). При цьому поза циклові розподілимо:

- прямі $T_{п}$, які залежать від технологічної і технічної безвідмовності зернозбиральних комбайнів, а також від організації відвезення зібраного збіжжя від комбайнів, за чим простої комбайна в очікуванні транспорту в дисертаційній роботі будемо розглядати як випадкова технологічна відмова;

- непрямі $T_{пз}$, які забезпечують безперервність технологічного процесу збирання врожаю зернових колових культур, однак не

залежать від безвідмонсті самого технологічного процесу, тобто не впливають на випадкові перерви робочого процесу з причини відмови.

Отже, баланс добового часу експлуатації зернозбирального комбайна набуває наступного виду:

$$T_{дб} = T_{ц} + T_{п} + T_{пз}. \quad (1)$$

Тоді коефіцієнт використання норми добового часу експлуатації зернозбирального комбайна має наступний вид:

$$\tau = \frac{T_p}{T_{дб}} = \frac{T_p}{T_{ц}} \cdot \frac{T_{ц}}{T_{пр}} \cdot \frac{T_{пр}}{T_{дб}} = \tau_{ц} \cdot \delta'_{пр} \cdot \delta'_{дб}, \quad (2)$$

де: $\tau_{ц}$ – коефіцієнт циклових втрат в балансі добового часу експлуатації зернозбирального комбайна; $\delta'_{пр}$ – коефіцієнт позациклових втрат в балансі добового часу експлуатації зернозбирального комбайна; $\delta'_{дб}$ – коефіцієнт затрат часу на регламентне технічне обслуговування в балансі добового часу експлуатації зернозбирального комбайна.

Отриманий аналітичний вираз (2) перетворимо в більш зручний для аналізу впливу τ на продуктивність зернозбирального комбайна.

Зв'язок між загальним і частними коефіцієнтами використання часу встановлюється із загальновідомої залежності:

$$\tau = \sum_{i=1}^n \tau_i - (n - 1), \quad (3)$$

де: n – сума частних коефіцієнтів використання часу;

$$\tau_i = 1 - \frac{T_i}{T_{дб}}, \text{ тобто } \tau_{ц} = 1 - \frac{T_{ц}}{T_{дб}}, \text{ і } \tau_{ц} - 1 = -\frac{T_{ц}}{T_{дб}};$$

$$\delta'_{пр} = 1 - \frac{T_{п}}{T_{дб}}, \text{ і } \delta'_{пр} - 1 = -\frac{T_{п}}{T_{дб}}; \delta'_{дб} = 1 - \frac{T_{пз}}{T_{дб}}, \text{ і } \delta'_{дб} - 1 = -\frac{T_{пз}}{T_{дб}}.$$

Підставивши значення частних коефіцієнтів в рівняння (3) отримаємо:

$$\tau = \tau_{ц} + \delta'_{пр} + \delta'_{дб} - 2, \quad (4)$$

або

$$\tau = \frac{1}{\frac{1}{\tau_{ц}} + \frac{1}{\delta'_{пр}} + \frac{1}{\delta'_{дб}} - 2}. \quad (5)$$

Циклові втрати в балансі добового часу експлуатації зернозбирального комбайна.

$$\tau_{ц} = \frac{T_p}{T_p + T_x + T_{то}} = \frac{1}{1 + \frac{T_x + T_{то}}{T_p}}, \quad (6)$$

$$\frac{T_x}{T_p} = \frac{L_x \cdot V_p}{L_p \cdot V_x} = \frac{B_p \cdot K_x \cdot V_p}{L_p \cdot V_x}, \text{ при } V_p = V_x, \quad \frac{T_x}{T_p} = \frac{L_x}{L_p} = \frac{B_p \cdot K_x}{L_p}, \quad \frac{T_{то}}{T_p} = \frac{t_{ср\tau} \cdot n_{\tau} \cdot V_p \cdot 10^3}{L_{\tau} \cdot n_{\tau}} = \frac{t_{ср\tau} \cdot V_p \cdot B_p \cdot q_3}{10 \cdot V \cdot \gamma \cdot \alpha}, \text{ при } L_{\tau} = \frac{10^4 \cdot V \cdot \gamma \cdot \alpha}{B_p \cdot q_3}.$$

Підставимо дані залежності до виразу (6) і отримаємо:

$$\tau_{ц} = \frac{1}{1 + \frac{B_p \cdot K_x \cdot V_p}{L_p \cdot V_x} + \frac{t_{ср\tau} \cdot V_p \cdot B_p \cdot q_3}{10 \cdot V \cdot \gamma \cdot \alpha}}, \quad (7)$$

де: $K_x = \frac{\bar{L}_x}{B_p}$ – кінематична характеристика зернозбирального комбайна ($\bar{L}_x$ – середня довжина холостого ходу, яка визначена в межах одного робочого ходу, м); B_p – робоча ширина захвату зернозбирального комбайна, м; $t_{cp\ T}$ – середній час на одну технологічну зупинку, год; n_T – кількість технологічних відмов; L_T – шлях від однієї до наступної технологічної відмови, м; V – ємність зернового бункера, м³; q_3 – фактична врожайність зернових колових сільськогосподарських культур, ц/га; α – коефіцієнт використання ємності бункера; γ – об'ємна маса зерна, ц/м³; V_p , V_x – швидкість, відповідно, руху зернозбирального комбайна на робочому і холостому ходах, км/год.

Виконаємо аналіз виразу (7). При русі зернозбирального комбайна під час роботи за колом і вивантаженні зерна без зупинки (на ходу) $\tau_{ц} = 1$.

При русі зернозбирального комбайна під час роботи за колом і вивантаженні зерна під час зупинки:

$$\tau_{ц} = \frac{1}{1 + \frac{t_{cp\ T} \cdot V_p \cdot B_p \cdot q_3}{10 \cdot V \cdot \gamma \cdot \alpha}}, \quad (8)$$

При русі зернозбирального комбайна під час роботи за гоним (і обмежмось, що довжина гону більше 500 метрів) і вивантаженні зерна без зупинки (на ходу):

$$\tau_{ц} = \frac{1}{1 + \frac{B_p \cdot K_x \cdot V_p}{L_p \cdot V_x}}, \quad (9)$$

якщо при цьому справджується рівність $V_p = V_x$, то:

$$\tau_{ц} = \frac{1}{1 + \frac{B_p \cdot K_x}{L_p}}, \quad (10)$$

Втрати часу з причини випадкових простоїв з технологічних несправностей, технічним відмовам і в очікуванні транспортних засобів:

$$\delta'_{пр} = \frac{T_{ц}}{T_{пр}} = \frac{T_{ц}}{T_{ц} + T_{п}} = \frac{1}{1 + \frac{T_{п}}{T_{ц}}} = \frac{1}{1 + \frac{t_{To}}{T_{ц}} + \frac{t_T}{T_{ц}} + \frac{t_{TP}}{T_{ц}}}. \quad (11)$$

Час випадкових простоїв t_{To} з технологічних несправностей і t_T з технічних відмов можемо виразити через параметри потоку відмов з технологічних несправностей ω_1 і технічних відмов ω_2 , а також через час, який необхідний для усунення кожного виду простою.

Технологічні:

$$\frac{t_{To}}{T_{ц}} = \frac{1}{T_{ц}} \cdot \bar{t}_{To} = \frac{1}{\bar{T}_1} \cdot \bar{T}_{B1} = \bar{\omega}_1 \cdot \bar{T}_{B1}. \quad (12)$$

Технічні:

$$\frac{t_T}{T_{ц}} = \frac{1}{T_{ц}} \cdot \bar{t}_T = \frac{1}{\bar{T}_2} \cdot \bar{T}_{B2} = \bar{\omega}_2 \cdot \bar{T}_{B2}. \quad (13)$$

Висновок. Запропоновані викладки дозволили сформуванати аналітичні підходи до аналізу експлуатаційно-технологічної безвідмовності зернозбиральних комбайнів.

Список літератури

1. *Бистрий О. М.* Достовірність контролю параметрів технічного стану сільськогосподарських машин / *О. М. Бистрий, І. Л. Роговський* // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – К., 2011. – Вип. 166, ч. 1. – С. 93–99.
2. *Бистрий О. М.* Методика визначення ресурсу за динамікою зношування деталей зернозбиральних комбайнів / *О. М. Бистрий, І. Л. Роговський* // Праці Таврійської державного агротехнічного університету. – Мелітополь, 2011. – Вип. 11, т. 1. – С. 171–176.
3. *Бистрий О. М.* Кількісні показники для оцінки експлуатаційно-технологічної безвідмовності зернозбиральних комбайнів / *О. М. Бистрий, І. Л. Роговський* // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – К., 2014. – Вип. 196, ч. 3. – С. 182–189.
4. *Бистрий О. М.* Допустиме і граничне зношення деталей зернозбиральних комбайнів / *О. М. Бистрий, І. Л. Роговський* // Збірник тез доповідей XI Міжнародної науково-практичної конференції «Обухівські читання» (1 березня 2016 року) / Національний університет біоресурсів і природокористування України. – К., 2016. – С. 71–73.
5. *Бистрий О. М.* Аналітичність технічного контролю безвідмовності зернозбирального комбайна / *О. М. Бистрий, І. Л. Роговський* // Збірник тез доповідей XII Міжнародної наукової конференції «Раціональне використання енергії в техніці» (17-20 травня 2016 року) / Національний університет біоресурсів і природокористування України. – К., 2016. – С. 73–77.
6. *Александр Быстрый.* Определение рационального количества технического контроля механизмов зерноуборочного комбайна / *Александр Быстрый, Иван Роговский* // Motrol: Motorization and power industry in agriculture. – 2013. – Tom 15, №3. – P. 313–319.
7. *Александр Быстрый.* Аналитические модели эксплуатационно-технологической безотказности зерноуборочных комбайнов / *Александр Быстрый, Иван Роговский* // Motrol: Motorization and power industry in agriculture. – 2014. – Tom 16, №3. – P. 332–338.

References

1. *Bystryy, O. M., Rohovs'kyi, I. L.* (2011). Dostovirnist' kontrolyu parametriv tekhnichnoho stanu sil'skohospodars'kykh mashyn [The accuracy of the control parameters of the technical condition of agricultural machinery]. Scientific Bulletin of National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Series: Machinery and Energetics AIC. K., Vyp. 166, ch. 1, 93–99.
2. *Bystryy, O. M., Rohovs'kyi, I. L.* (2011). Metodyka vyznachennya resursu za dynamikoyu znoshuvannya detaley zernozbyral'nykh kombayniv [The method of determining the resource dynamics of wear of combine harvesters]. Labor Tavria State Agrotechnical University. Melitopol', Vyp. 11, t. 1, 171–176.
3. *Bystryy, O. M., Rohovs'kyi, I. L.* (2014). Kil'kisni pokaznyky dlya otsinky ekspluatatsiyno-tekhnolohichnoyi bezvidmovnosti zernozbyral'nykh kombayniv [Quantitative indicators for assessing operational and technological reliability of

combine harvesters]. Scientific Bulletin of National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Series: Machinery and Energetics AIC. K., Vyp. 196, ch. 3, 182–189.

4. *Bystryy, O. M., Rohovs'kyy, I. L.* (2016). Dopustyme i hranychne znoshennya detaley zernozbyral'nykh kombayniv [Valid and limit the wear of these parts combine harvesters]. Zbirnyk tez dopovidey XI Mizhnarodnoyi naukovo-praktychnoyi konferentsiyi «Obukhivs'ki chytannya» (1 bereznya 2016 roku) / Natsional'nyy universytet bioresursiv i pryrodokorystuvannya Ukrayiny. K., 71–73.

5. *Bystryy, O. M., Rohovs'kyy, I. L.* (2016). Analitychnist' tekhnichnoho kontrolyu bezvidmovnosti zernozbyral'noho kombayna [Analyticity of technical control of reliability of combine harvester]. Zbirnyk tez dopovidey XII Mizhnarodnoyi naukovoyi konferentsiyi «Ratsional'ne vykorystannya enerhiyi v tekhnitsi» (17-20 travnya 2016 roku) / Natsional'nyy universytet bioresursiv i pryrodokorystuvannya Ukrayiny. K., 73–77.

6. *Aleksandr, Bystryy. Ivan, Rohovskyy.* (2013). Opreddenye ratsyonal'noho kolychestva tekhnicheskoho kontrolya mekhanizmov zernouborochnoho kombayna [The definition of rational number technical control mechanisms combine harvester]. Motrol: Motorization and power industry in agriculture. Tom 15, 3, 313–319.

7. *Aleksandr, Bystryy. Ivan, Rohovskyy.* (2014). Analytycheskye modeli ekspluatatsyonno-tekhnolohycheskoy bezotkaznosti zernouborochnykh kombaynov [Analytical model of operational and technological reliability of combine harvesters]. Motrol: Motorization and power industry in agriculture. Tom 16, 3, 332–338.

АНАЛИЗ ЭКСПЛУАТАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОТКАЗНОСТИ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ

А. Н. Быстрый, И. Л. Роговский

Аннотация. В процессе эксплуатации зерноуборочных комбайнов основным критерием эффективного использования их является максимально допустимая производительность при наименьших затратах живого и овеществленного труда с мерами соблюдения агротехнологической качества выполнения технологического процесса и требований охраны труда и воздействия на окружающую среду. Поэтому одним из действенных направлений обеспечения максимально допустимой производительности зерноуборочного комбайна является его эксплуатационно-технологическая безотказность.

Для установления аналитической связи между показателями производительности зерноуборочного комбайна и его эксплуатационно-технологической безотказности, как сложной технической системы при заданной качества, необходимо применить общую теорию надежности и производительности, которые с высокой степенью достоверности можем применить отождествлен в производственных технологических процессов.

Ключевые слова: анализ, эксплуатация, технологичность, безотказность, зерноуборочный комбайн

ANALYSIS OF EXPLOITATION-TECHNOLOGICAL RELIABILITY OF COMBINE HARVESTERS

O. M. Bystriy, I. L. Rogovskii

Abstract. *In the process of operation of combine harvesters, the main criterion of effective use is maximum productivity at the lowest cost of living and materialized labor with the measures compliance with agro-technological quality of the process and requirements of labor protection and the impact on the environment. Therefore, one of the most effective ways of ensuring maximum performance of the combine harvester is its operational and technological reliability.*

To establish the analytical relationship between the performance of combine harvester and its operational and technological reliability, as a complex technical system with a predetermined quality, it is necessary to apply the general theory of reliability and performance that with a high degree of reliability can apply are identified in the production processes.

Key words: *analysis, operation, manufacturability, reliability, combine harvester*

УДК 631.372.62

ANALYTICITY OF SPATIAL REQUIREMENTS FOR MAINTENANCE OF AGRICULTURAL MACHINERY

Ivan L. Rogovskii, Valentyna I. Melnyk
e-mail: *rogovskii@yandex.ua*

Abstract. *The spatial location system of service maintenance of the dealer, the main parameters of its functioning, defining the technical readiness of agricultural machinery, are the direct subject of the study.*

The development of agricultural commodity production, and associated industries, requires certain adjustments in the improvement of organization and technology service activities companies, dealer education system without returning to the forms, developed earlier for production and maintenance of large agricultural companies.

The landowner did not have time and opportunities for surveying intermediaries and bringing services to the solution of production problems due to the lack of the ability to maneuver production assets, ongoing attachment to processes of production, interruption of which is fraught with huge losses and damages.

Agricultural producers are in need of committed partners that are economically motivated and reacting promptly to problems as ensuring

© I. L. Rogovskii, V. I. Melnyk, 2016

ANALYSIS OF EXPLOITATION-TECHNOLOGICAL RELIABILITY OF COMBINE HARVESTERS

O. M. Bystriy, I. L. Rogovskii

Abstract. *In the process of operation of combine harvesters, the main criterion of effective use is maximum productivity at the lowest cost of living and materialized labor with the measures compliance with agro-technological quality of the process and requirements of labor protection and the impact on the environment. Therefore, one of the most effective ways of ensuring maximum performance of the combine harvester is its operational and technological reliability.*

To establish the analytical relationship between the performance of combine harvester and its operational and technological reliability, as a complex technical system with a predetermined quality, it is necessary to apply the general theory of reliability and performance that with a high degree of reliability can apply are identified in the production processes.

Key words: *analysis, operation, manufacturability, reliability, combine harvester*

УДК 631.372.62

ANALYTICITY OF SPATIAL REQUIREMENTS FOR MAINTENANCE OF AGRICULTURAL MACHINERY

Ivan L. Rogovskii, Valentyna I. Melnyk
e-mail: *rogovskii@yandex.ua*

Abstract. *The spatial location system of service maintenance of the dealer, the main parameters of its functioning, defining the technical readiness of agricultural machinery, are the direct subject of the study.*

The development of agricultural commodity production, and associated industries, requires certain adjustments in the improvement of organization and technology service activities companies, dealer education system without returning to the forms, developed earlier for production and maintenance of large agricultural companies.

The landowner did not have time and opportunities for surveying intermediaries and bringing services to the solution of production problems due to the lack of the ability to maneuver production assets, ongoing attachment to processes of production, interruption of which is fraught with huge losses and damages.

Agricultural producers are in need of committed partners that are economically motivated and reacting promptly to problems as ensuring

© I. L. Rogovskii, V. I. Melnyk, 2016

of high efficiency of the machines, the effective implementation of all agricultural production processes are directly dependent on the location and duration of services determine the profitability of the farms.

Research in the field of sales of services technical service through a network of service centers prove a significant increase in production with increasing demand and application.

In the paper, we assume extensive use of methods of probability theory and mathematical statistics, physical and mathematical modeling of the system settings service and technical-operational indicators of machines.

Key words: *analytic, spatial requirement, maintenance, agricultural machine*

Formulation of problem. In accordance with the modern concept of development of technical service in agroindustrial complex, involving the formation of system of enterprises-providers of services in maintenance and performance of machines throughout their service life provided by the dealers. On the basis of a national system of dealers, it is planned to reconstruct and improve the effectiveness of the system of support to agriculture machinery and equipment, spare parts and other logistical resources, as well as the efficiency of maintenance of machines and equipment in warranty and post-warranty periods of operation.

Domestic and foreign experience of such companies proves that the dealer engaged in the service of agricultural equipment needs to be closer to producers. This achieves rapid elimination of failures during the warranty and post-warranty periods of operation, the regulatory allowable downtime of machines. The efficiency of dealerships in this is to ensure the smooth implementation of agricultural technologies by rural producers through quality maintenance equipment in the off-season through the complex service delivery institutions – system for maintenance.

The problem of placement and functioning of regional system of service maintenance dealer of the enterprise due to several reasons:

a) theoretical:

- imperfection of the theory of designing, formation and optimization of systems whose purpose is the sale of finished products and services of technical service, taking into account features of development of agriculture,

- lack of range of problems within a field of view of spatial Economics, taking into account the competition between dealer companies on the market,

b) methodological:

- need to adapt our previously developed calculation methods of the specialized service enterprises,

- the need to develop new calculation methods and work organization system of dealerships maintenance,

- c) economic:

- significant number of factors and the unpredictable nature of their interaction, have a significant effect on the results of commercial activities of enterprises,

- high degree of confidentiality of information relating to the commercial activities of the enterprises, which does not allow to develop and implement strategies for their development.

With increasing equipment of agriculture with modern technology through a network of dealer points of particular importance was the high use of the machines, defined rational scheme of construction of distribution system maintenance in the regions. Therefore, the research aimed to develop scientifically based recommendations on the substantiation of the system of placing and functioning of the service regional dealer companies is an important and urgent task of agricultural production.

Problems that require further methodological and theoretical research, has identified the main aim and objectives of the present research.

Analysis of recent research results. In the simplest case, we can assume that the requirements for maintenance of machines [1] occur at points uniformly distributed on the plane [2] bounded by a circle of radius R . It is obvious that such a hypothesis can be accepted if the location of the machinery park (objects) is not known in advance [3], and known only to the estimated size of service area [4]. In this case, to determine the position of points [5], in which there are requirements, it is convenient to take the polar coordinate system $(\alpha; x)$ (Fig. 1).

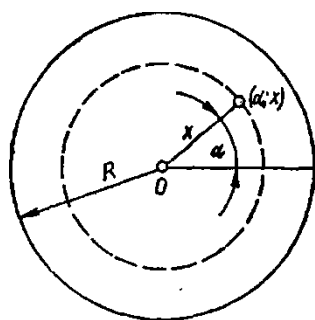


Fig. 1. Polar coordinates requirements.

Purpose of research is an analytical research of the spatial requirements for maintenance of agricultural machines, which occur at points uniformly distributed on the territory.

Results of research. Assuming a uniform distribution of the accepted elements in the plane bounded by a circle of radius R , the

value of α will be distributed according to the law of probability density distribution in the range $0 \leq \alpha \leq 2\pi$, is equal to: $\varphi(\alpha) = \frac{1}{2\pi}$.

The distribution function of the variable x within $0 \leq x \leq R$ can be determined as follows: $F_x = \frac{\pi x^2}{\pi R^2} = \frac{x^2}{R^2}$, where the probability density: $f(x) = \frac{2x}{R^2}$. This is determined by the probability density of the random coordinates of requirements for their uniform distribution in the plane. However, almost often, it can meet uneven distribution on the ground of the accepted elements, and, consequently, the flow requirements that is uneven in space.

This flow is in some cases described as a discrete scheme in which the requirement can arise at an arbitrary point in a known region, but only in one of a finite number of fixed points with predetermined coordinates. Such a description, for example, with the known approaches can be used in relation to Park construction vehicles, dispersed on construction sites, the size of which compared to the distances separating them are small. Let $z = 50$ of the same cars are scattered in five fixed points on the ground (Fig. 2).

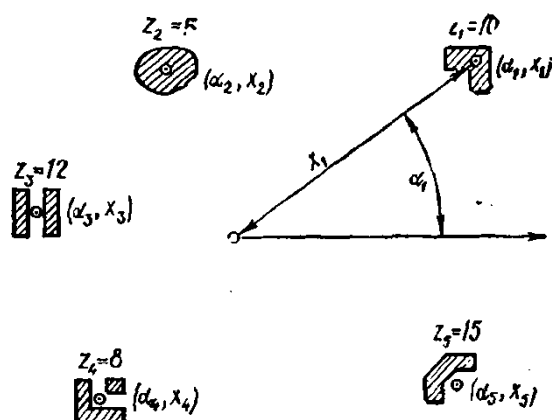


Fig. 2. Placement of machines on the ground at fixed points.

At some point in time there is a requirement to service one of the cars park. We assume that the probability $P(\alpha; x)$ that this requirement originated in the point with coordinates $(\alpha; x)$, is proportional to the number of cars centered on the corresponding object.

Then for the sample random coordinates of the requirements can be defined according to:

Coordinates of point	Probability that claim arose at point
$(\alpha; x)$	$P(\alpha; x)$
$(\alpha_1; x_1)$	0,20
$(\alpha_2; x_2)$	0,10
$(\alpha_3; x_3)$	0,24
$(\alpha_4; x_4)$	0,16
$(\alpha_5; x_5)$	0,30

In general, the distribution of the accepted items on the ground can be set by the plan, which elements are depicted as separate points (Fig. 3). This plan is overlaid with a rectangular grid of coordinates is dense enough for a given degree of accuracy can be considered that all the elements in the me or square have the coordinates of the geometric centre of the square (x' ; y').

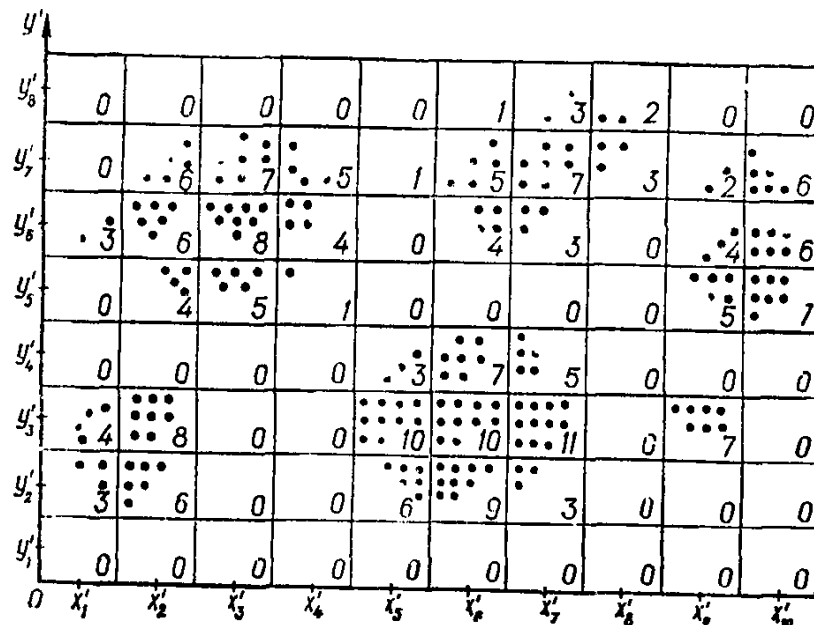


Fig. 3. Plan the placement of accepted elements in general.

The number of items in each square is recorded in the lower-right corner squares. We assume that the absolute probability $P(y')$ the ordinates of the center of each square will be equal to the ratio of the number of elements that are concentrated in all the squares of the plan, having the corresponding ordinate to the total number of elements. Conditional probability $P\{x'|y'\}$ will be equal to the ratio of the number of elements, centered in the square with coordinates (x' ; y'), to the number of elements that are concentrated in all the squares of the plan with the ordinate of the geometric center of y' .

Thus, the random ordinate the maintenance requirements of the elements arranged as shown in Fig. 3, can be set in accordance with the following data:

Ordinate of the point	Probability
y'	0,00
y'_1	0.14
y'_2	0,25
y'_3	0,07
y'_4	0,11
y'_5	0,19
y'_6	0,10
y'_7	0,03

When modeling the spatial coordinates of the requirements initially given probabilities is generated realization of a random ordinates of the point at which there is a requirement that y' , and then with the probabilities given in Table. 1 for this implementation of the ordinate is formed by the realization of the random abscissa x' . If to solve this problem is better to use rectangular and polar coordinates requirements, latter are determined by known formulas: $\alpha = \tan^{-1} \frac{y'}{x'}$; $x = \sqrt{x'^2 + y'^2}$.

1. Conditional probability of random abscissa of point at which there is another requirement

x'	$P\{x' y'\}$							
	y'_1	y'_2	y'_3	y'_4	y'_5	y'_6	y'_7	y'_8
x'_1	0,00	0,11	0,08	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00
x'_2	0,00	0,22	0,16	0,00	0,18	0,16	0,14	0,00
x'_3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,23	0,22	0,17	0,00
x'_4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,10	0,12	0,00
x'_5	0,00	0,22	0,20	0,20	0,00	0,00	0,02	0,00
x'_6	0,00	0,34	0,20	0,47	0,00	0,10	0,12	0,17
x'_7	0,00	0,11	0,22	0,33	0,00	0,08	0,17	0,50
x'_8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,33
x'_9	0,00	0,00	0,14	0,00	0,23	0,10	0,05	0,00
x'_{10}	0,00	0,00	0,00	0,00	0,32	0,16	0,14	0,00

If within the time during which planned maintenance, the deployment of the machines on the ground does not change, for each i -ro requirements in accordance with constant probability $P_0(y')$ and $P_0\{x'|y'\}$ may be obtained the coordinates of the point α_i and x_i where this requirement originated. If you change in a time of deployment of machines, for example upon completion of one object and move on with the construction of the other, must, from this time, continue building a realization of the random coordinates is accordingly changed to the probabilities $P_1(y')$, $P_1\{x'|y'\}$, etc.

Conclusions. Found α_i random variable and define x_i to given spatial stream, the moments of occurrence of claims in the reference system of machine time, the requirements and the coordinates of the points in which they arise. However, at the decision of tasks of technical operation it is necessary that the moments of occurrence of the requirements recorded in the frame of reference of the working time servicing vehicles.

References

1. Rogovskii, I. L., Melnyk, V. I. (2016). Model of parametric synthesis rehabilitation agricultural machines. Scientific Bulletin of National University of Life and

Environmental Sciences of Ukraine. Series: Machinery and Energetics AIC. K., Vyp. 241, 387–395.

2. Rohovs'kyi, I. L. (2015). Methodologist of operation restore management health agricultural machinery at the on-merzenich resources. Scientific Bulletin of National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Series: Machinery and Energetics AIC. K., Vyp. 212, ch. 1, 314–322.

3. Rogovskii, I. L. (2016). Entropy algorithm performance quality recovery efficiency of agricultural machinery. Zbirnyk tez dopovidey III Mizhnarodnoyi naukovo-tekhnichnoyi konferentsiyi «Kramarovs'ki chytannya» (17-18 lyutoho 2016 roku) / Natsional'nyy universytet bioresursiv i pryrodokorystuvannya Ukrayiny. K., 20–23.

4. Rogovskii, Ivan. (2014). Stochastic models ensure the efficiency of agricultural machines. Motrol : Motorization and power industry in agriculture. Tom 16, 3, 296–302.

5. https://cims.nyu.edu/~kiryl/Calculus/Section_9.3--Polar_Coordinates/Polar_Coordinates.pdf.

АНАЛІТИЧНІСТЬ ПРОСТОРОВИХ ВИМОГ НА ТЕХНІЧНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН

І. Л. Роговський, В. І. Мельник

Анотація. *Просторове розташування системи сервісного обслуговування дилера, основні параметри її функціонування, визначають технічну готовність сільськогосподарської техніки, що є безпосереднім предметом дослідження.*

Розвиток аграрного товаровиробництва, як і асоційованих виробництв, потребує певних коректив у поліпшенні організації і технології діяльності сервісних підприємств, освіти дилерської системи без повернення до форм, що склалися раніше для виробничо-технічного обслуговування великих агрофірм.

Аграрій не має часом і можливостями для пошуку посередників та залучення сервісних послуг до вирішення виробничих проблем в силу відсутності можливості маневрування виробничими фондами, постійної прихильності до процесів виробництва, переривання яких загрожує величезними втратами і збитками.

Аграрні товаровиробники потребують відданих партнерів, економічно зацікавлених і оперативно реагують на виникаючі проблеми, так як забезпечення високої працездатності машин, ефективного виконання будь-яких процесів сільськогосподарського виробництва перебувають у прямій залежності від місця та строків надання сервісних послуг і визначають прибутковість господарств.

Дослідження в області реалізації послуг технічного сервісу через систему сервісного обслуговування доводять значне зростання виробництва сільгосппродукції з збільшенням їх попиту і застосування.

У роботі передбачається широке використання методів теорії ймовірностей і математичної статистики, фізичного та

математичного моделювання параметрів системи сервісного обслуговування і техніко-експлуатаційних показників машин.

Ключові слова: *аналітичність, просторове вимога, технічне обслуговування, сільськогосподарська машина*

АНАЛИТИЧНОСТЬ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ТРЕБОВАНИЙ НА ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН

И. Л. Роговский, В. И. Мельник

Аннотация. Пространственное месторасположение системы сервисного обслуживания дилера, основные параметры ее функционирования, определяющие техническую готовность сельскохозяйственной техники, являются непосредственным предметом исследования.

Развитие аграрного товаропроизводства, как и ассоциированных производств, требует определенных корректив в улучшении организации и технологии деятельности сервисных предприятий, образования дилерской системы без возврата к формам, сложившимся ранее для производственно-технического обслуживания крупных агрофирм.

Аграрий не располагает временем и возможностями для изыскания посредников и привлечения сервисных услуг к решению производственных проблем в силу отсутствия возможности маневрирования производственными фондами, постоянной привязанности к процессам производства, прерывание которых чревато огромными потерями и убытками.

Аграрные товаропроизводители нуждаются в преданных партнерах, экономически заинтересованных и реагирующих оперативно на возникающие проблемы, так как обеспечение высокой работоспособности машин, эффективное выполнение любых процессов сельскохозяйственного производства находятся в прямой зависимости от места и сроков предоставления сервисных услуг и определяют доходность хозяйств.

Исследования в области реализации услуг технического сервиса через систему сервисного обслуживания доказывают значительное возрастание производства сельхозпродукции с увеличением их спроса и применения.

В работе предполагается обширное использование методов теории вероятностей и математической статистики, физического и математического моделирования параметров системы сервисного обслуживания и технико-эксплуатационных показателей машин.

Ключевые слова: *аналитичность, пространственное требование, техническое обслуживание, сельскохозяйственная машина*