

МАШИНИ І ЗАСОБИ МЕХАНІЗАЦІЇ

УДК 528.01.1

СИСТЕМА ВИКОРИСТАННЯ БІОРЕСУРСІВ У ТЕХНОЛОГІЯХ ОТРИМАННЯ БІОПАЛИВ

Я.Б. Блюм, академік НАН України, доктор біологічних наук
С.П. Циганков, доктор технічних наук
Державна установа «Інститут харчової біотехнології та геноміки
НАН України»

І.П. Григорюк, член-кореспондент НАН України,
доктор біологічних наук

В.О. Дубровін, доктор технічних наук
Національний університет біоресурсів і
природокористування України

Г.М. Калетнік, академік НААН України,
доктор економічних наук

Вінницький національний аграрний університет
Д.Б. Рахметов, доктор сільськогосподарських наук
Національний ботанічний сад імені М.М. Гришка НАН України

В статті викладено методологію системи використання біоресурсів у технологіях отримання біопалив.

Біопаливо, біоресурс, система, технологія.

Постановка проблеми. В умовах різкого зменшення запасів непоновлюваних видів палива, використання біомаси, ефективність акумуляції сонячної енергії якою становить від 0,8 % (в польових умовах) до прогнозованих 5 % (в умовах забезпечення високого рівня агробіотехнологій), для виробництва твердих, рідких та газоподібних палив набуває дуже важливого значення. З кожного поля щорічно можна збирати два врожаї, а саме: продовольчий та енергетичний із використанням біомаси в обсязі, що не перевищує 30 %. За допомогою механічних, хімічних, термічних, біологічних або комплексних технологічних процесів біомасу в сучасних умовах трансформують у газове (біогаз), рідке (дизельне біопаливо і біоетанол) чи тверде (паливні брикети, гранули із соломи тощо) біопалива. Згідно вимог Європейського Союзу (Директива 2003/30/ЄС від 8 травня 2003 р.) частка біологічних видів палива в структурі енергоспоживання ЄС повинна до кінця 2010 р. складати

© Я.Б. Блюм, С.П. Циганков, І.П. Григорюк,
В.О. Дубровін, Г.М. Калетнік, Д.Б. Рахметов, 2014

5,7 %. В нашій країні актуальність даного напрямку окреслена Постановою Кабінету Міністрів України № 1774 від 22 грудня 2006 р.

Мета досліджень. З метою реалізації науково-технічного потенціалу цього напрямку біоенергетики авторами проведено низку глибоких фундаментальних наукових досліджень та виконано ряд науково-технічних розробок, результати яких створюють передумови широкого вискоефективного використання новітніх біотехнологій енергоконверсії в агропромисловому виробництві та паливно-енергетичному комплексі України.

Ефективність переробки біомаси в енергетичну продукцію досягається лише за раціональних параметрів технологічних процесів і машин для АПК, що здійснюють конверсію біосировини. Кожний вид біомаси здатний дати широкий спектр різноманітних продуктів. Наприклад, при виробництві дизельного біопалива від переробки відходів насіння олійних культур (соломи, макухи та лузги) можна отримати ряд продуктів, які мають комерційну цінність. Навіть просте спалювання соломи у твердопаливних котлах дозволяє отримати теплоту, а попіл повертають у ґрунт як добриво. Виробництво і застосування біогазу та супутніх з ним органічних добрив високої якості, що виробляються з ресурсів вторинної енергетичної сільськогосподарської біосировини створюють умови для утилізації на сучасному рівні всіх біологічних відходів агропромислового виробництва. Новітню модель АПК, що включає на рівних правах біоенергетику як одну зі своїх основних складових галузей, наведено на рис. 1.

Біологічні ресурси для енергоконверсії

В Національному ботанічному саду (НБС) ім. М.М. Гришка НАН України створено один з найбільших в Україні генофондів енергетичних рослин, який нараховує 365 видів, сортів та форм рослин (76 – цукроносних, 145 – олійних, 144 – сировинних культур для виробництва твердого біопалива та біогазу). Поряд з інтродуцентами та малопоширеними культурами важливе місце в цьому переліку належить створеним власними зусиллями формам, гібридам та сортам енергетичних рослин, які не являються цільовими продовольчими культурами. Альтернативні енергетичні культури є представниками різних ботанічних родин і використання їх у сівоzmінах або поза ними не становить загрозу для навколишнього середовища. Вони не являються цільовими продовольчими культурами. Ці рослини попереджують ерозійні процеси, поліпшують агрономічні та біологічні показники ґрунту. Більшість пропонованих культур вирізняються виключною посухо- та зимостійкістю, адаптивністю, стійкістю до хвороб, шкідників та бур'янів. Перевага надана багаторічним рослинам з періодом

продуктивного довголіття 10-20 років, здатних зростати не лише на родючих полях сівозміни, а також на землях, не придатних для вирощування традиційних культур.

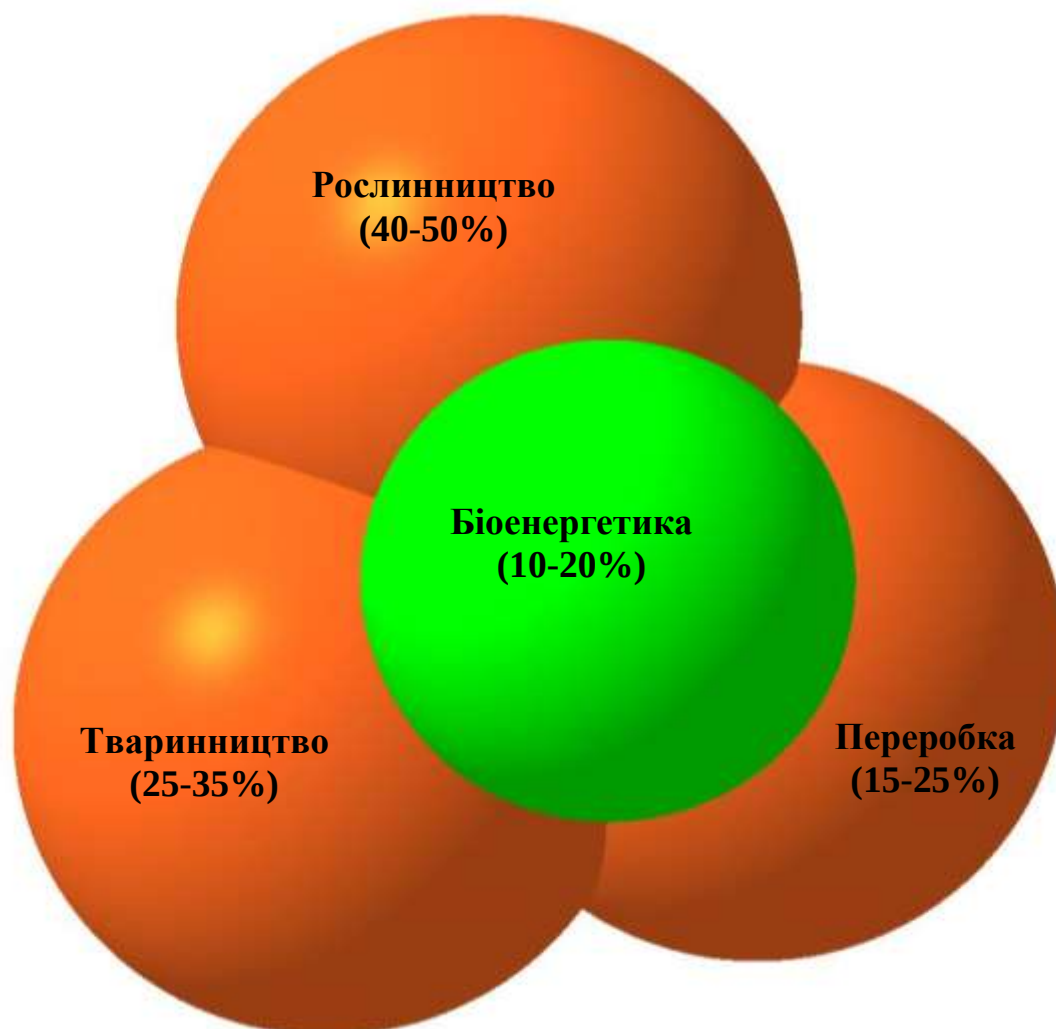


Рис. 1. Модель новітнього агропромислового виробництва.

Із числа найперспективніших нових цукроносних культур у НБС НАН України створено цінний генофонд пальчастого проса (10 зразків), цукрового сорго (15), міскантусу (7) та дрогоподібного проса (5 зразків), які характеризуються скоростиглістю, посухостійкістю, високою урожайністю насіння або фітомаси, високим вмістом вуглеводів у зерні або в надземній масі та виходом біоетанолу. Ці цукроносні рослини можуть в повній мірі забезпечувати в Україні високий продуктивний потенціал і вихід біоетанолу з одиниці площі у порівнянні з традиційними культурами (цукровий буряк, картопля, пшениця тощо).

В Інституті харчової біотехнології та геноміки (ІХБГ) НАН України була отримана низка соматоклональних варіантів пальчастого проса для подальшого використання у селекційному процесі у НБС

НАН України. Зокрема, на їх основі створені високопродуктивні сорти Ярослав-8 та Євгенія. У ході з'ясування генетичних основ набутих сортом Ярослав-8 ознак було висунуто припущення, що ключову роль в них може відігравати активність цитокініноксидази/дегідрогенази – ключового ферменту деградації цитокінінів. Було проведено аналіз зразків генної експресії цитокініноксидази на прикладі транскриптому меристем пальчастого проса на різних стадіях розвитку отриманого сорту (за допомогою 12K macroarray фільтрів для ячменю). Виявлено присутність чотирьох генів цитокініноксидази цілому в геномі пальчастого проса. Результати аналізу експресії генів цитокініноксидази з використанням клонованого фрагменту кДНК цитокініноксидази в якості зонду дозволили виявити змінений рівень експресії одного із споріднених генів сорту „Ярослав-8” у порівнянні з вихідним матеріалом. Також встановлено, що експресія генів цитокініноксидази у суцвіттях сорту „Ярослав-8” на стадії В розвитку (розмір суцвіть 2-3 см) є майже в 2,5 рази нижчою у порівнянні з вихідною лінією.

Паралельно було визначено вміст цитокінінів у рослинах досліджуваного сорту – всього 25 різних похідних цитокінінів, починаючи з їх попередників, активних цитокінінів, запасних кон'югатів і закінчуючи продуктами розпаду цитокінінів на різних стадіях розвитку. Отримані результати засвідчили, що кількість цитокінінів у листі рослин отриманого сорту статистично достовірно вищою у порівнянні з контролем і, що особливо важливо, є вищою в суцвіттях на самих ранніх стадіях розвитку, але не відрізняється від контролю на більш пізніх стадіях їх розвитку. Таким чином, ці дані у сукупності з результатами експресійного аналізу дозволяють пояснити морфологічно-фізіологічні особливості досліджуваного фенотипу, зокрема закладення більшої кількості колосків та наявність більшої кількості насінин у кожному колоску. Відповідно, наведені вище дані в цілому свідчать на користь визначальної ролі цитокініноксидази у формуванні ознак нового сорту. З огляду на ці результати можна говорити про розвиток ефективної стратегії збільшення врожайності зернових культур загалом і пальчастого проса зокрема за допомогою генно-інженерних підходів, що базуватимуться на використанні для трансформації рослин генами, залученими до регуляції, біосинтезу та деградації цитокінінів.

З використанням методів молекулярної селекції науковцями НБС НАН України за участю партнерів з ІХБГ НАН України також створено високопродуктивний сорт цукрового сорго – Ботанічний. Сировина отриманих нових гібридів та сортів цукрового сорго та пальчастого проса містить 15-30 % загальних цукрів. Вони вирізняються високою пластичністю та продуктивністю і гарантовано

забезпечують урожайність 5-8 т/га насіння та 50-80 т/га (до 130 т/га) зеленої маси. Вихід етанолу з одиниці площі в залежності від умов вегетації рослин та технології переробки сировини становить 350-800 дал/га. Теплотворна здатність цієї маси при спалюванні сягає 3731-4363 кал/г.

В НБС НАН України також створено 16 сортів високоолійних культур, більшість з яких включена до Державного реєстру сортів України. Значна частина цих сортів має цінні продуктивні властивості та придатна для виробництва біодизеля. Зокрема, створено цінний генофонд рижію, який нараховує близько 20 форм, гібридів та сортозразків. Найперспективніші форми та гібриди рижію забезпечують 3-4 т/га насіння з вмістом олії 45-50 % та виходом 1-1,4 т/га біодизелю. При цьому урожайність складає 30-40 т/га біомаси, 5-8 т/га сухих речовин, 0,8-1,0 т/га кормового білку. На відміну від ріпаку в результаті мінералізації органічної маси рижій залишає у ґрунті понад 70 кг/га азоту, 30 – фосфору, 85 – калію, 35 кг/га – кальцію. Розроблено біотехнологічні засади поліпшення жирнокислотного складу та накопичення ліпідів в насінні рижію.

В останні роки створено ряд сучасних сортів інших капустяних культур (зокрема озимого ріпаку та суріпиці), які містять у насінні від 40 до 52 % олії (ліпідів). Вони вирізняються високою пластичністю та продуктивністю і гарантовано забезпечують урожай насіння на рівні 2,5-3,0 т/га з виходом олії з одного гектара залежно від сорту від 800 до 1000 кг (на відміну від імпортованих сортів). Визначена калорійність ліпідів та енергетичний потенціал ярих (редька олійна, суріпиця яра, гірчиця сиза та біла, чорнушка дамаська та посівна, льон олійний) та озимих (ріпак озимий, тифон, суріпиця озима) олійних культур з колекції НБС НАН України. Серед озимих культур найвищою урожайністю насіння, вмістом та виходом ліпідів характеризуються сорти ріпаку озимого, тифону та суріпиці, серед ярих - редьки олійної, гірчиці білої та льону олійного, які забезпечують 2,8-3 т/га насіння та до 1100-1400 кг/га вихід ліпідів. За результатами вивчення жирнокислотного складу олії з насіння сортів суріпиці ярої, ріпаку озимого, тифону та еруки посівної встановлено, що в олії ріпаку та суріпиці олеїнова кислота складає відповідно 62,4 і 48,1 % від загального жирнокислотного складу. Серед досліджуваних культур високим вмістом ерукової кислоти характеризується олія тифону (48,7 %) та еруки посівної (47,5 %). Олія суріпиці ярої і ріпаку озимого відрізняється суттєво низьким вмістом ерукової кислоти (1,9 та 0,7 %) та високим вмістом лінолевої кислоти (до 19 %) від загальної кількості жирних кислот. Калорійність олії у різних культур становила від 37,5 до 41,4 МДж/кг. Вихід енергії з ліпідів ріпаку ярого та рижію рівноцінні теплотворній здатності 1312 та

1215 л дизельного палива. Крім того, створено 19 сортів рослин з високою урожайністю біомаси для використання на тверде біопаливо (для отримання полін, брикетів, гранул) та біогаз. Заслуговує особливої уваги сировинний конвеєр на основі власних сортів енергетичних рослин: щавнату (сортів Бієкор-1, Румекс ОК-2, Наставник), сіди багаторічної (сортів Вірджинія і Фітоенергія), сильфію пронизанolistого (сортів Канадчанка, Переможець, Богатир), сорго багаторічного (сорт Колумбо), козлятнику (сорт НБС-75), гірчаку сахалінського, тощо). Ці сорти можуть продуктивно використовуватись протягом 10-20 років, щорічно забезпечуючи до 30 т/га абсолютно сухої речовини. Розроблені енергоощадні технології вирощування біоенергетичних рослин забезпечують високий вихід умовного біопалива (10-21 т/га) та енергії (70-90 Гкал/га) з урожаєм. Загальний вихід біогазу з 1 га енергетичної плантації нових інтродуцентів становить від 9000 до 37000 м³.

Створені сорти та технології виробництва біосировини з них впроваджуються в Україні (в господарствах 17 областей), а також в країнах СНД (Російській Федерації, Білорусії, Казахстані) та Євросоюзу (Чехія та Польща, номер реєстрації розробки 2005/0758), в КНР, КНДР, Республіці Корея, про що свідчать відповідні двосторонні угоди. Загальна площа посівів щавнату становить близько 30 тис. га.

Технологічні аспекти біологічної трансформації енергетичної сировини

Використання етанолу як палива стало на сьогоднішній день одним із важливих напрямів розвитку світової економіки. Цей напрям виник набагато раніше, ніж проблема глобального потепління, із-за дефіциту нафтового палива в деяких країнах і наявністю значних біоресурсів для виробництва біоетанолу. Мова йде насамперед про Бразилію, де уряд почав заохочувати використання біоетанолу як компонента палива для двигунів із іскровим запалюванням. Потім до процесу часткової заміни нафтового палива біоетанолом почали приєднуватися США і Канада, країни Європи. Розпочалося виробництво «гнучких» двигунів із іскровим запалюванням, пристосованих до споживання палив із вмістом до 95 % біоетанолу, і дизельних двигунів, що працюють на 90 %-му паливі. У 2009 р. паливного біоетанолу вироблено 73,9 млн. м³, непаливного призначення – 10 млн. м³. Використана сировина: кукурудза – 55 %, цукрова тростина – 34 %, меляса – 6 %, пшениця – 3,5 %. Лідерами у виробництві паливного біоетанолу є США (40,6 млн. м³) і Бразилія (24,9 млн. м³). Світове споживання бензину складає приблизно 1 млрд. тонн на рік. Теоретично, без шкоди для забезпечення населення планети продуктами харчування при сьогоднішньому

рівні врожайності на нашій планеті можна вирощувати сировину для виробництва близько 500 млн. т біоетанолу на рік. Ця кількість по енергії еквівалентна 360 млн. т бензину.

Науковий пошук у світі наразі продовжується як у напрямі удосконалення технологій отримання біоетанолу першого покоління, так і розвитку науково-технічних основ отримання біоетанолу другого покоління (з біомаси). Тому в Інституті біології клітини (ІБК) НАН України була проведена робота, спрямована на покращення параметрів етанольної ферментації традиційної сировини – глюкози - за участю спиртових дріжджів *Saccharomyces cerevisiae*. Для цього вперше використано можливість модифікації енергетичного метаболізму дріжджів шляхом надекспресії ферментів, що розщеплюють основне енергетичне джерело клітини, АТФ. Отримані штами перетворюють вищий відсоток глюкози в етанол за рахунок меншого нагромадження біомаси клітин. У даному контексті біомаса є побічним продуктом, тому що замість перетворення компонентів поживного середовища в етанол, клітина використовує цей ресурс для побудови дочірніх клітин. Шляхом маніпуляції енергетичним балансом дріжджової клітини на генному рівні вдалося знизити приріст біомаси і збільшити вихід етанолу при ферментації глюкози на 20 % у порівнянні із вихідним штамом.

Глобальна продукція рослинної біомаси становить 200×10^9 т на рік, причому 90% біомаси складає лігноцелюлоза – гетеробіополімер, що складається з целюлози, різних геміцелюлоз та лігніну. Одними з основних цукрів гідролізатів лігноцелюлозних відходів є ксилоза та целобіоза, які не ферментуються пекарськими дріжджами. Тому здійснювались роботи по виявленню інших видів мікроорганізмів, що є потенційними продуцентами етанолу з гідролізатів лігноцелюлозних відходів. Одним з найкращих претендентів виявились неконвенційні дріжджі *Pichia stipitis*, однак, ефективність ферментації ксилози і целобіози природніми штамми є недостатньою для забезпечення економічно вигідного промислового процесу. В ІБК НАН України здійснено метаболічну інженерію цього виду дріжджів. Було посилено експресію модифікованої версії першого гену катаболізму ксилози, що кодує ксилоредуктазу. Продуктивність етанольної ферментації ксилози у сконструйованого штаму перевищувала продуктивність вихідного штаму в 1,3 рази.

Відомо, що найкращими ферментаторами глюкози є сахароміцети. Однак ці організми нездатні ферментувати ксилозу, тому було здійснено коферментацію, використовуючи два мікроорганізми, рекомбінантний штам *P. stipitis* та штам дикого типу *S. cerevisiae* у оптимальному співвідношенні клітин 1:1. Результати

цих досліджень дозволили розробити лабораторний і напівпромисловий регламенти отримання етанолу з гідролізатів рослинної біомаси на базі ПП «Експрес» (м. Охтирка, Сумська обл.), що дає можливість масштабувати процес і розпочати налагодження виробництва етанолу з вищезгаданої сировини.

Ферментативний гідроліз (сахарифікацію) лігноцелюлозної біомаси можна проводити одночасно з мікроорганізмами, які ферментують вивільнені цукри до етанолу (одночасна сахарифікація та ферментація). В ІБК НАН України були виявлені термотолерантні дріжджі *Hansenula polymorpha*, що здатні активно ферментувати ксилозу при підвищеній температурі 48°C. Було здійснено додаткове підвищення термотолерантності цього виду дріжджів до 50°C. Вихід етанолу в отриманих рекомбінантних штаммах *H. polymorpha* збільшено загалом у 25 разів порівняно із штамом дикого типу, максимальна концентрація етанолу під час ферментації ксилози при 48 °C становила близько 15 г/л.

Новітні технології виробництва і використання біопалива

Новітні технології біоенергоконверсії для отримання біопалива базуються на проведених в останні 10-15 років фундаментальних й прикладних дослідженнях процесів трансформації органічних речовин. В Україні програми з виробництва біоетанолу паливного призначення почали здійснюватись з кінця минулого – початку нового століття. Розпочались вони з перепрофілювання спиртових заводів, які втратили ринки збуту харчового спирту. Ці роботи виконувались зокрема за науковими розробками ІХБГ НАН України:

- Розроблення технологій біосинтетичних паливних компонентів на основі етанолу з поновлюваної рослинної сировини.
- Розроблення концептуальних рішень зі створення агропромислових комплексів з переробки рослинної сировини в рідкі біопалива і використання побічних продуктів для енергетичного виробництва.
- Виробництво біосинтетичного компоненту рідких біопалив “Альтернативний Біосинтетичний Оксигенний Компонент-1” (АБОК-1), “Оксигенат Моторного Палива Альтернативний” (ОМП-А) із переважним вмістом етанолу на Будильському експериментальному заводі Держкоенергозбереження України та підприємстві ЗАТ “Еко-Енергія” Сумської обл.
- Виробництво комплексних паливних компонентів на основі етанолу та його похідних на підприємстві ЗАТ “Еко-Енергія”;
- Виробництво біопалива типу “БІО-100” для двигунів з іскровим запаленням на підприємстві ТОВ “Біохім-Груп”, Донецьк, потужністю 10 тис. т на рік.

- Розроблення технологій естерифікації рослинних олій етанолом і використання етилових естерів жирних кислот для отримання паливних композицій для дизельних двигунів з біоетанолом і вуглеводневими компонентами.

- Розроблення композицій рідких біопалив для двигунів внутрішнього згорання на основі біоетанолу та рослинних олій.

Науковцями ІХБГ та ІБК НАН України отримано ряд фундаментальних результатів, що дозволяють зрозуміти механізм ферментативних перетворень біополімерів рослинної сировини (целюлоза та геміцелюлози). Ці полімери трансформуються у прості цукри, що є субстратами для мікроорганізмів-продуцентів одноатомних спиртів. Подальше виділення та концентрування цих спиртів дозволяє отримувати компоненти рідинних біопалив. Вивчені механізми і встановлені межі резистентності клітин продуцентів до високих концентрацій етанолу та бутанолу. Визначені особливості споживання компонентів складних субстратів при їх мікробіологічній трансформації у цільові продукти.

Дослідження також були спрямовані на розробку біотехнології виробництва етанолу з такої сировини, як цукрове сорго та пальчасте просо, яке поєднує в собі сировину як першого (моно- та олігосахариди) та другого (лігноцелюлоза) поколінь. Цукрове сорго не належить до традиційних культур харчового призначення, тому його переробка в біопалива не викликає такої гострої критики, як використання кукурудзи та пшениці. Крім того, стебла сорго можуть бути повністю використані у виробництві: у першу чергу цукри - на виробництво біоетанолу, а соргова багаса (жмих) як тверде паливо для генерації технологічної пари, а потім – як сировина 2-го покоління. Для переходу на сировину 2-го покоління не потрібно буде створювати нове підприємство – достатньо дооснастити існуюче декількома позиціями спеціалізованого обладнання.

Вищезазначене не вичерпує усіх переваг цукрового сорго. Лігноцелюлоза стебла в процесі екстрагування з неї цукру піддається гідротермічному впливу, який полегшує подальший ферментативний гідроліз полісахаридів. Таким чином, стає можливим отримання частково підготовленої для подальшої переробки сировини другого покоління. Завод, що перероблятиме цукри сорго в біоетанол, може стати базовим підприємством для впровадження інноваційних технологій, переробляючи надлишок лігноцелюлозної біомаси не лише сорго, а й такої перспективної культури, як пальчасте просо. На підприємстві ВАТ “Шепетівський цукровий завод” в промислових умовах перевірена технологія комплексної переробки соку та стебел цукрового сорго, соломи пальчастого проса з отриманням розчину простих цукрів для подальшої ферментації в етанол. В промислових умовах

ферментація була проведена на Будильському експериментальному заводі ЗАТ «Еко-Енергія», і з продуктів ферментації отримана дослідна партія паливного оксигенату з вмістом етанолу та вищих спиртів. Результати роботи наразі патентуються та готуються до промислового впровадження.

На основі теорії нечітких множин і нечіткої логіки в НУБіП України розроблено модель адаптивного технологічного процесу етерифікації олій розчином лужного каталізатора в метанолі, яка дозволяє визначати очікувані показники промислового виробництва метилових ефірів жирних кислот в залежності від характеристик сировини та технологічних режимів реакторів періодичної та безперервної дії.

Істотно розширені й деталізовані наукові основи зброджування органічних матеріалів, базовані на положеннях теорії розпаду органічної речовини в анаеробних умовах, створених штучно або існуючих у природних середовищах (полігони ТПВ). Механізм розпаду органічної речовини в анаеробних реакторах реалізують через протікання чотирьох, пов'язаних між собою, стадій. Ефективність анаеробного зброджування оцінюється за ступенем розпаду органічної речовини, виходом та складом біогазу, які визначаються хімічним складом вихідної органічної субстанції, що подається в реакційне середовище, а також основними технологічними параметрами процесу, такими як доза завантаження біореактору, температура в реакційному середовищі, концентрація органічної речовини тощо. Зелена маса рослин, що в своєму складі має відносно вищий вміст органічного вуглецю, є однією з перспективних органічних субстанцій, додавання якої дозволяє інтенсифікувати процес анаеробного зброджування гною, гноївки, посліду тощо.

В останні 6 років фахівцями установ, що підготували монографію, на різних режимах і живильних субстратах агропромислового і комунального походження опрацьовано технології виробництва біогазу та рідких органічних добрив високої якості. Досліджено процеси метаноутворення при переробці моносубстратів та полікомпонентних органічних сумішей. Проведена серія експериментальних досліджень для визначення ефективності сумісного анаеробного зброджування гноївки з силосом кукурудзи, сінажем, відходами овочів та фруктів при температурних режимах $22\pm 1^\circ\text{C}$, $35\pm 1^\circ\text{C}$ та $53\pm 1^\circ\text{C}$. Оцінено вихід біогазу, склад біогазу (CH_4 , CO_2 , O_2 , H_2S), ступінь розпаду органіки для кожного субстрату та їх сумішей. Важливим чинником якості твердого біопалива є технологія приготування біомаси до спалювання. Вона обумовлює конструктивно-технологічне виконання теплотехнічного обладнання, істотно впливає на економічні показники його роботи. Науковцями

Національного університету біоресурсів і природокористування (НУБіП України) розроблено технології збирання і переробки біомаси як основного біологічного ресурсу біоенергетики. В них використовуються спеціалізовані установки з гранулювання й брикетування біомаси. Результати розробки проблем енергетичного використання біопалив з рослинної маси втілилися в створенні нового покоління технологій й опалювальних пристроїв, що мають при оптимальному режимі роботи коефіцієнт корисної дії у межах від 80 до 90%.

Технічні засоби біоенергоконверсії

Вищезгадані роботи дозволили визначити напрями технологічних розробок і реалізувати їх на практиці. Отримані наукові результати дозволили розпочати впровадження технологічних і концептуальних рішень на значно потужніших об'єктах – заводу з переробки кукурудзи в біоетанол ТОВ “Корон-Агро” продуктивністю 100 тис. т біоетанолу на рік в м. Золотоноша Черкаської обл., заводу з виробництва біоетанолу ТОВ “АМГ-Агрохолдинг” продуктивністю 90 тис. тонн біоетанолу на рік у м. Чернівці, концептуальних рішень з переробки біомаси пальчастого проса, цукрового сорго та топінамбуру в біопалива. Розроблено технологічний проект заводу з переробки цукрового сорго в біоетанол на підприємстві АТЗТ “Сластена”, Бутурліновський р-н Воронезької обл. Росії. Розроблена концепція та основні технологічні рішення з перепрофілювання підприємства Combinatul de Produse Alimentare в м. Бельці, Республіка Молдова в завод з виробництва біоетанолу та рідких біопалив на його основі (15 тис. т біоетанолу на рік).

Тільки на основі розвиненого виробництва біоетанолу із сировини першого покоління може формуватися промислова біотехнологія переробки в етанол лігноцелюлозної сировини – деревини, соломи, відходів сільського господарства та ін. Це невичерпне сировинне джерело другого покоління найближчими роками доповнить, а надалі замінить значну частину традиційної сировини для рідинних біопалив – не лише етанолу, але й біобутанолу, інших продуктів ферментації.

За підтримки Кабінету Міністрів України, міністерств, державних агенств та організацій здійснюється будівництво та реконструкція цілого ряду об'єктів з виробництва біодизелю, біоетанолу, біогазу. Запропоновані технологічні рішення дозволяють скоротити енергетичні витрати на виробництво біопалив, як це досягнуто в кращих світових аналогів. Окремі концептуальні рішення, представлені в роботі, дають можливість підприємствам з виробництва біопалив повністю перейти на енергетичне самозабезпечення за рахунок використання відходів біомаси як палива.

Розроблено типорозмірні ряди технологічного обладнання з виробництва дизельного біопалива продуктивністю від 1-ї до 10-ти тонн на добу. При модульній комплектації ліній, технологію з “холодним” способом віджиму олії рекомендовано застосовувати при обсягах виробництва до 30000 т/рік дизельного біопалива. Введено в експлуатацію перший пілотний завод з продукування біодизелю навчально-наукового призначення.

Обладнання заводу успішно пройшло державні приймальні випробування в УкрНДІПВТ імені Леоніда Погорілого та поставлене на виробництво на вітчизняних підприємствах. Якість дизельного біопалива відповідає вимогам ДСТУ 6081:2009. Національним університетом біоресурсів і природокористування України та кількома вітчизняними машинобудівними заводами розроблено серію обладнання для регіональних заводів продуктивністю від 1-ї до 10-ти тонн палива на добу.

Водночас, поряд з традиційними вузько орієнтованими альтернативними виробництвами тих чи інших видів біопалив, авторами реалізовано пілотний проект UNIDO з чистого виробництва в сфері біоенергетики. Розроблені проекти ліній виробництва дизельного біопалива від 300 до 10000 т/рік. При модульній комплектації таких ліній технологію з “холодним” способом віджиму олії можна ефективно застосовувати при виробництві до 30000 т/рік дизельного біопалива. На більш потужних (промислових) установках олію продукують за технологічними регламентами оліє-екстракційних заводів. Спільно з вітчизняними машинобудівними заводами, зокрема ТОВ "ТАН" з Чернігова, запропоноване відповідне обладнання технологічних ліній (з очисткою біодизелю на рівні європейських норм).

Здано в експлуатацію завод з виробництва біодизелю навчально-наукового призначення. Це підприємство складається з трьох технологічних ліній, а саме: ліній виробництва олії ЛВРО-ЕКО-БІО, підготовки олії до естерифікації ЛПРО-ЕКО-БІО та виробництва дизельного біопалива ЛВДБ-ЕКО-БІО. Якість дизельного біопалива на виході лінії ЛВДБ-ЕКО-БІО відповідає вимогам чинного СОУ 24.14-37-561:2007 та ДСТУ 6081, що введено в дію з 1.03.2010 р.

Залежно від технології, устаткування, додаткових кінцевих продуктів (комбікорми, пічне паливо тощо), а також виробничої потужності ліній виробництва рослинної олії (рентабельність – 80%), дизельного біопалива (15-25%), а також комбікормів і твердого біопалива (30-60%) агропромислові та біоенергетичні підприємства можуть отримувати стабільний прибуток і окупити затрати за 1,5–2 роки. Виробництво біогазу традиційно здійснюють при ферментації відходів тварин, таких як гноївка чи гній. Ці виділення можна перемішувати з іншими господарськими відходами або відходами

переробки сировини харчової промисловості. Авторами створено спеціалізовану лабораторію для напрацювання маточної культури метаноутворюючих бактерій. Завдяки використанню цієї науково-виробничої бази на різних режимах із різноманітними живильними субстратами опрацьовано технології виробництва біогазу та рідких органічних добрив високої якості.

Завершуються проектні роботи із створення біогазової установки нового покоління для виробництва біогазу і органічних добрив при зброджуванні багатокомпонентного субстрату, яку розробляють автори спільно з австрійськими колегами Університету ВОКУ і компаній BauerTech й Heat Bioenergy. Установка перероблятиме щорічно близько 17-18 тис. т багатокомпонентного субстрату й виробляти щодоби до 3500 м³ біогазу з вмістом метану на рівні 50-60%. Когенераційна установка розрахована на продукування 330 кВт електричної та 380 кВт теплової енергії. Крім того, пілотна біогазова установка щорічно видаватиме для потреб навчально-дослідних господарств НУБіП України, розміщених в Київській області, близько 3,3 твердих і 14,5 тис. т рідких органічних добрив високої якості.

Висновок. Зусиллями науковців, конструкторів та машинобудівників в Україні розроблено та освоєно виробництво комплексу технічних засобів енергоконверсії біоресурсів. Розроблене за безпосередньою участю авторів вітчизняне обладнання за технологічними показниками та технічними характеристиками відповідає рівню кращих світових зразків, а за ціною в 2,5-3 рази дешевше. Впровадження новітніх технологій біоенергоконверсії сприяє створенню нових робочих місць (переважно в сільській місцевості), розвитку місцевої економіки, призводить до значного екологічного ефекту (за рахунок зниження викидів парникових газів, а також викидів сірки). Розрахункова річна економія коштів завдяки заміщенню природного газу біомасою складає 10,2 мільярди гривень, що у 1,8 рази більша за величину прямих інвестиційних витрат, необхідних на запровадження новітніх технологій виробництва біопалива й відповідного парку обладнання, що виготовляють вітчизняні машинобудівні заводи.

В статье изложена методология системы использования биоресурсов в технологиях получения биотоплива.

Биотопливо, биоресурс, система, технология.

In paper the methodology of system use of biological resources in technology for biofuels.

Biofuels, bioresources, system, technology.

TECHNICAL STANDARD FOR RAPESEED OILS AS FUEL

Petr Jevich

Czech University of Life Sciences in Prague

V.O. Dubrovyn

National of Life and Environmental Sciences of Ukraine

To assess effect of production process for standardized properties the samples were taken-off from the six referential decentralized and one industrial production plants for rapeseed oils.

Technical standard, rapeseed oil, fuel.

Problem. Their properties limited by technical standard for rapeseed oils as a fuel were determined in laboratory. Further the long-term investigation of oxidation stability change was started in storage trial of rapeseed oils with additive of 200, 400 and 600 ppm of antioxidant Baynox. The results have shown that critical points of that process of rapeseed oils acquisition are contamination by the ash-producing elements, i.e. phosphorus, magnesium, calcium and total pollution. Not only in hot pressing but also in the double-stage cold pressing of rapeseed it is necessary reduction of the ash-producing elements through other technological operations as degumming, neutralization, bleaching. It is always necessary to provide security stage of filtration before distribution for maximum particles size of 1 μm . It had been proved the unambiguously positive effect of the antioxidation additive Baynox, when 200 ppm addition caused increasing of the oxidation stability of rapeseed oil grown at least 6 hours immediately after pressing from 8 hours to 9.05 hours and after 270 days it decreased to 6 hours. The monitoring brought the necessary knowledge for the process of the rapeseed oils acquisition optimization and their distribution for motor application. The monitoring also is a basis for establishing of necessary controlling of the rapeseed oils production quality.

Introduction. The number of decentral oil mills is increasing rapidly. The rapeseed oil can be also utilized as a fuel for modified diesel engines. For a reliable operation of adapted diesel engines, the rapeseed oil fuel has to fulfil special quality requirements, which are defined in the technical standard [1, 2, 3, 4]. It was the purpose of this work to investigate influences of the whole production process on rapeseed oil fuel properties. To survey the rapeseed oil quality, available on the market, oil samples were periodically taken from several oil mills and analyzed.

© Petr Jevich, V.O. Dubrovyn, 2014

Objects and methods. In order to determine and compare the quality of rapeseed oils, there were taken out the testing batches from six decentralized production units and one industrial oil plant (see Table 1). The subsequent analyses of testing samples have been carried out by the method enabling the comparison with specification of required limit values of technical standard ČSN 65 6516 „Fuels for vegetable oil compatible combustion engines – Fuel from rapeseed oil“ [5].

1. Characteristics of test samples collection of rapeseed oils and scope of made analyses.

Performance in rapeseed oil	Characteristics of oil pressing and treatment	Sample number	Analysis in laboratory	Analysis in accredited laboratory
190 kg.h ⁻¹	one-stage cold, filtration with manual cleaning and filter fabric	1	density (15 °C) water content acidity number total	all parameters pursuant to ČSN 65 6516 without ability of ignition as the sample 1
340 kg.h ⁻¹	one-stage cold, sheet automatic filter	2	content of impurities	-
310 kg.h ⁻¹	two-stage cold, sheet automatic filter	3	phosphorus content	-
410 kg.h ⁻¹	two-stage cold, sheet automatic filter	4	Mg+Ca content	-
530 kg.h ⁻¹	two-stage cold, sheet automatic filter	5	iodine value	as the sample 1
530 kg.h ⁻¹	two-stage cold, whitening	6	oxidation stability	-
930 kg.h ⁻¹	sheet automatic filters hot, removal of mucus and neutralization, sheet automatic filter	7		
11700 kg.h ⁻¹	degumming	8	water content	-
	whitening	9	acidity	-
	pressing and extraction	10	number P-content	-
	refinement		oxidat. stability	-

Results and discussion. The measured characteristics have shown the great difference in quality of testing samples (see Fig. 1 – Fig. 8). In all manufacturing plants there was processed rapeseed, which fulfilled the qualitative purchase conditions. It helped as well to ensure in

decisive extent the meeting of demands for water content, acidity number and oxidative stability in assessed oil plants. However, to the critical points in the process of rapeseed oil obtaining, belong the contamination by phosphorus, metals of second group (magnesium and calcium) and total content of contamination from rapeseed solid residues. The consequential detailed investigation of reasons of this state enabled to determine the factors, which caused this contamination. Therefore, it is possible to state as follows:

- Behind the one-stage cold pressing of rapeseed, which decreased the level of contamination caused by phosphorus, magnesium and calcium under limit values of technical standard ČSN 65 6516 [5], it is necessary to place the second safety degree of filtration with filtration ability of particles in line filter max. 1 µm.

- The two-stage cold pressing and also hot pressing, resp. industrial processing with extraction, is always connected with content of phosphorus and very often also magnesium and calcium in rapeseed oil over limit values. Therefore, it must always follow the removal of mucus, eventually neutralization or other operations, e.g. whitening or filtration through hydrophobic membranes, which however lead to cost increase and that's why it is necessary to select them carefully. In respect to removal of mucus, besides of conventional procedures, it is possible to recommend so-called „superdegumming“. Before, there are combined the acid and water and thereby comes not only to high grade of phospholipide separation, but also to considerably lesser occurrence of water. It can be applied Total Degumming Process, which can be used not only for raw oils, but also for oils with mucus removed by water and it is based, in principle, on addition of acid and lye with consecutive separation. During this process the phospholipides are almost completely taken away. It is also possible to use the enzymatic process for removal of mucus „EnzyMax Degumming“.

- Oxidation stability is other important indicator determining suitability of rapeseed oil utilization as a fuel from the storage point of view and with it related degradation. The continuous of rapeseed oils storage test with preparation Baynox 200, 400 a 600 ppm in PVC vessels with access of air and stored in unheated room illuminated only by daily light in the course of 420 days is shown on fig. 9.

- Monitoring brought the essential evidences and knowledge for optimalization of rapeseed oils obtaining and their distribution as the motor fuels. It forms also the starting basis for creation of necessary quality assessment. Its implementation into practice represents necessary condition for maintenance of stable and high quality of motor fuel manufactured from the rapeseed oil.

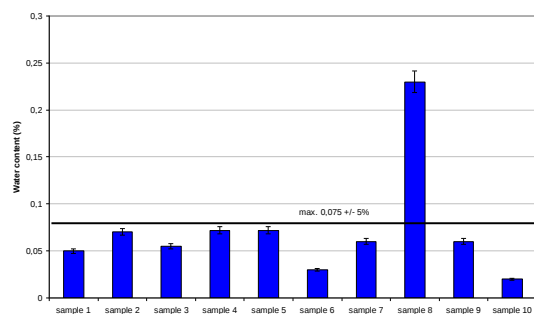


Fig. 1. Density of rapeseed oils test rapeseed oils samples.

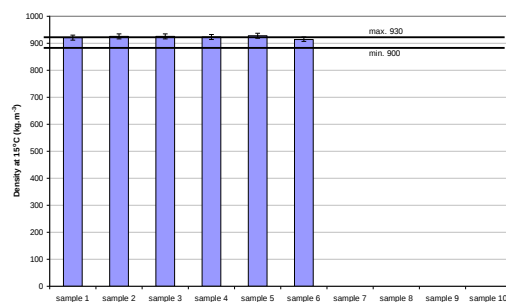


Fig. 2. Water content in test samples.

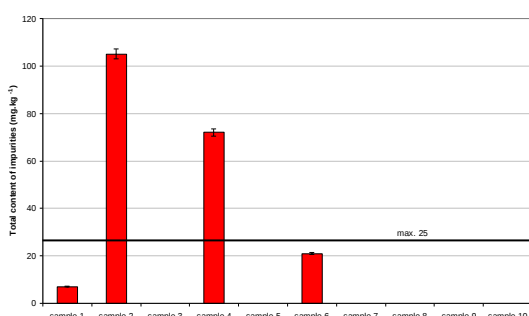


Fig. 3. Acidity number of rapeseed oils samples.

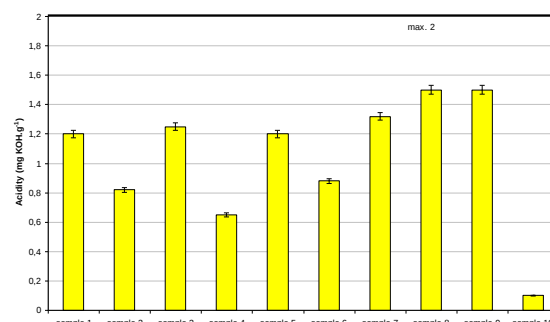


Fig. 4. Total content of impurities in test rapeseed oils test samples.

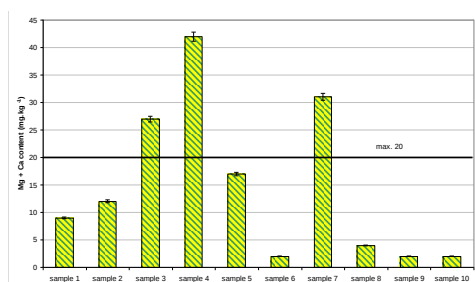


Fig. 5. P-content in rapeseed oils test samples.

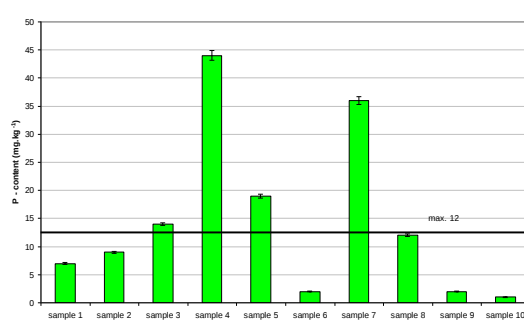


Fig. 6. Mg+Ca metal content (II. group) in rapeseed oils test samples

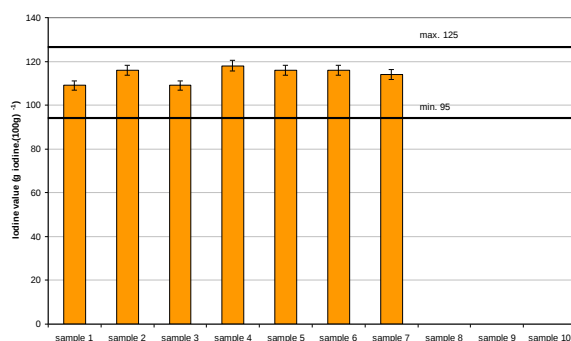


Fig. 7. Oxidation stability of rapeseed oils test samples.

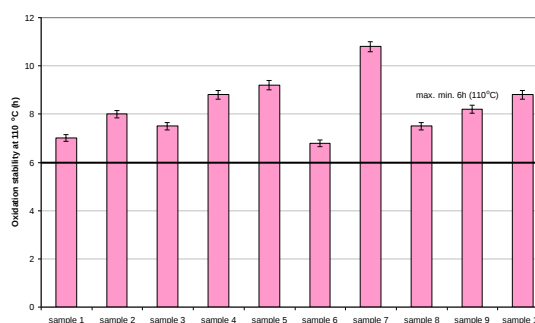


Fig. 8. Iodine value of rapeseed oils test samples.

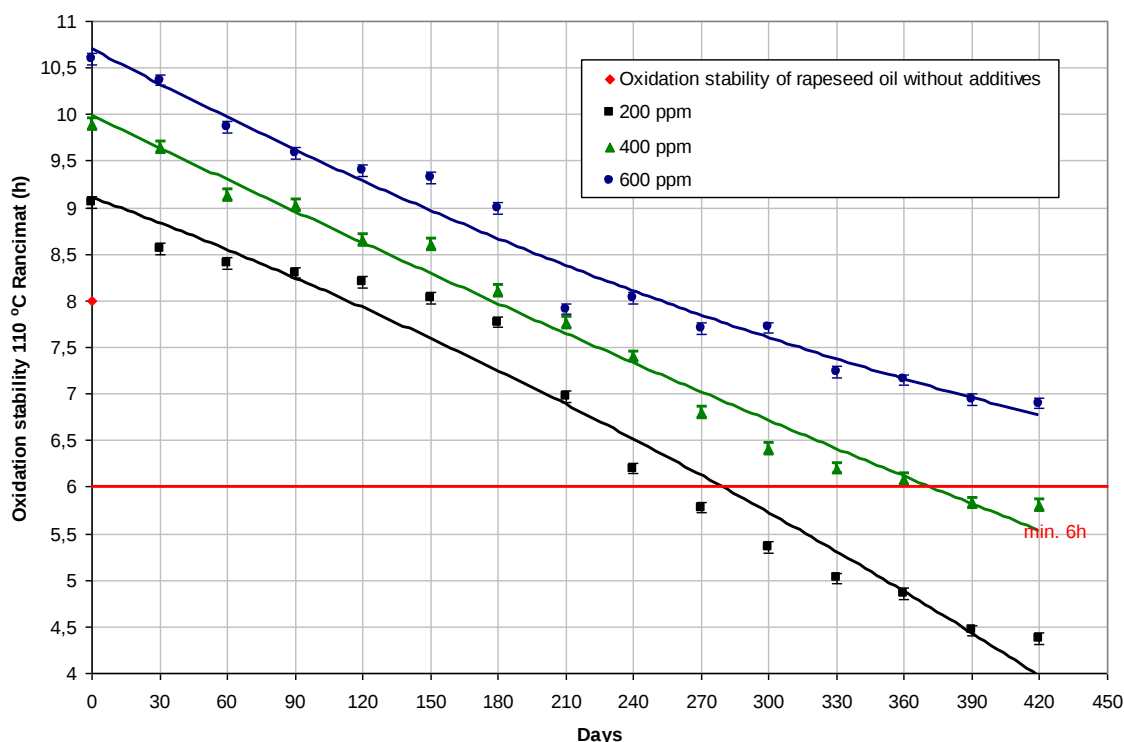


Fig. 9. Relations among oxidation stability of rapeseed oils with 200, 400 and 600 mg.kg⁻¹ antioxidative additive Baynox, its quality correspond to the sample No. 2 taken in conformity with data in Tabl. 1.

Conclusions

To assess effect of production process for standardized properties the samples were taken-off from the six referential decentralized and one industrial production plants for rapeseed oils. Their properties limited by technical standard for rapeseed oils as a fuel were determined in laboratory. Further the long-term investigation of oxidation stability change was started in storage trial of rapeseed oils with additive of 200, 400 and 600 ppm of antioxidant Baynox. The results have shown that critical points of that process of rapeseed oils acquisition are contamination by the ash-producing elements, i.e. phosphorus, magnesium, calcium and total pollution. Not only in hot pressing but also in the double-stage cold pressing of rapeseed it is necessary reduction of the ash-producing elements through other technological operations as degumming, neutralization, bleaching. It had been proved the unambiguously positive effect of the antioxidation additive Baynox, when 200 ppm addition caused increasing of the oxidation stability of rapeseed oil grown at least 6 hours immediately after pressing from 8 hours to 9.05 hours and not until after 270 days decreased under limit value 6 hours. With using of addition 400 ppm Baynox decreased oxidation stability under 6 hours not until after 390 days of storage. With addition 600 ppm Baynox the oxidation stability of rapeseed oil even after 510 days of

storage makes 6.5 hours. The monitoring brought the necessary knowledge for the process of the rapeseed oils acquisition optimization and their distribution for motor application. The monitoring also is a basis for establishing of necessary controlling of the rapeseed oils production quality.

The work comprises partial results of the research project of the Ministry of Agriculture of the Czech Republic 0002703102 – Part 5: Technological processes of sustainable production and utilization of bio-raw materials and energy carrier of new generation with respect to food security and global market with relevant products.

References

1. DIN V 51605 "Kraftstoffe für pflanzenöltaugliche Motoren – Rapsölkraftstoff – Anforderungen und Prüfverfahren, Juli 2006.
2. Remmele, E. Herstellung von Rapsölkraftstoff in dezentralen Ölgewinnungsanlagen. I. Auflage. Gülzow, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. November 2007. 83 s.
3. Jevič, P., Šedivá, Z., Přikryl, M. Monitoring of winter rape variety composition quality for raw material utilization. In. Trends in Agricultural Engineering 2007 (3rd International Conference TAE). Czech university of Life Science Prague, 2. – 14.9.2007, s. 189 – 194
4. Remmele, E., Gassner, T., Stotz, K. Quality assurance for rapeseed oil fuel DIN V 51605 from small scaled oil mills. In. Status and perspectives of sustainable development of biogenic fuel. Proceedings of the 8th international seminar, Techagro 2008, Brno, s. 66 – 75
5. ČSN 65 6516 "Automotive fuels – Fuels for vegetable oil compatible combustion engines – Fuel from rapeseed oil – Requirements and test methods (Motorová paliva – Řepkový olej pro spalovací motory na rostlinné oleje – Technické požadavky a metody zkoušení). December 2007.

Обґрунтована доцільність розробленого технічного стандарту для дизельних олій із насіння ріпаку.

Технічний стандарт, ріпакова олія, паливо.

Обоснована целесообразность разработанного технического стандарта для дизельных масел, получаемых из семян рапса.

Тенический стандарт, рапсовое масло, топливо.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИРОБНИЦТВА БІОГАЗУ ЗА РАХУНОК ВИКОРИСТАННЯ СТІЧНИХ ВОД ВИНОРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ

***В.О. Дубровін, доктор технічних наук
В.М. Поліщук, М.М. Лободко, кандидати технічних наук
Національний університет біоресурсів і
природокористування України
Г.В. Крусір, доктор технічних наук
І.Ф. Соколова, аспірантка*
Одеська національна академія харчових технологій***

Розглянуті способи очищення стічних вод виноробних виробництв. Запропоновано їх використання в якості компонента субстрату для виробництва біогазу. Досліджений вихід біогазу із субстрату на основі стічних вод виноробних виробництв.

Стічні води виноробних виробництв, біогаз, субстрат, гній ВРХ.

Постановка проблеми. На початок 2013 р. виробництва вин в Україні становило 22,6 млн. дкл [1]. При цьому на 1 дкл виготовленого вина утворюється 0,05 м³ виробничих стоків, тобто за рік виноробні підприємства виробляють 1,13 млн. м³ виробничих стоків, які містять забруднюючі речовини у вигляді стебел, залишків листя, невеликих частинок пошкоджених фруктів. Крім того, в виробничих стоках є велика кількість виноградних вичавок (з пресів), а від промивання фільтрувальної тканини у водах залишається певний відсоток виноградного сусла. При таніно-желатиновому поліпшенні сусла утворюються колоїди, що містять білок у вигляді мулу [2]. Отже, виробничі стоки виноробних виробництв являють собою складну фізико-хімічну систему, в якій разом з розчиненими речовинами містяться частинки різного ступеня дисперсності, розмір яких коливається в широких межах (від 0,001 мкм до 10 мм). Крім зважених твердих речовин, стоки виноробних підприємств містять значну кількість розчинених речовин, видалення яких можливе тільки хімічним або біохімічним шляхом [3].

Отже, виробничі стічні води виноробних підприємств необхідно піддавати обов'язковому очищенню.

***Науковий керівник – доктор технічних наук Г.В. Крусір**

© В.О. Дубровін, В.М. Поліщук, М.М. Лободко, Г.В. Крусір, І.Ф. Соколова, 2014

Аналіз останніх досліджень. Стічні води підприємств виноробної промисловості очищаються на комунальних очисних спорудах (стоки міських винних заводів) і на власних очисних спорудах (стоки підприємств, що знаходяться в селищах або сільській місцевості) [2]. Якщо крупні тверді зважені частки відокремлюють від виробничих стоків шляхом відстоювання (на пісколовках та відстійниках) або фільтрування, то із зменшенням їх розмірів розділення стоків на фракції значно ускладнюється. Для цього необхідно використовувати, наприклад, флотаційні установки [3]. Фізико-хімічні способи очищення стічних вод передбачають також застосування коагулянтів у вигляді вапна і в поєднанні із солями заліза або алюмінію, застосування яких дозволяє знизити вміст зважених часток на 70-80%.

Біологічне очищення стоків винних заводів може проводитися у природних умовах, на полях фільтрації, зрошення, в біологічних ставках, накопичувачах, з подальшим використанням стічних вод для зрошення, а в штучно створених умовах - на біофільтрах, аеротенках.

Високоєфективними спорудами в системі очищення стічних вод заводів є біологічні ставки, які дозволяють знизити показник БСК₅ (кількість кисню, витрачений на аеробне біохімічне окислення під дією мікроорганізмів і розкладання нестійких органічних сполук, що містяться в досліджуваній воді, протягом 5 днів) на 76-89%.

Аеробне очищення стоків проходить досить довгий час, а обладнання для його забезпечення займає великі площі. Іншим способом очищення стоків є анаеробний, в якому в метантенках метанотворюючі бактерії здійснюють очищення стоків з попутним виробництвом біогазу. За рахунок штучного підігрівання відбувається зменшення часу очищення. Разом із тим, низька питома метаболічна активність метанового біоценозу вимагають для інтенсивного проведення процесу очищення стічних вод наявності всередині реактора високої концентрації біомаси, що відсутнє в стічних водах виноробних підприємств [4]. Крім того, низька концентрація біомаси призводить до незначного виходу біогазу, що суттєво здорожує процес очищення. Тому процес анаеробного очищення стічних вод виноробних заводів суттєво ускладнюється низькою концентрацією біомаси.

Тому **метою наших досліджень** є визначення способу використання стічних вод виноробних підприємств без їх очищення.

Результати досліджень. У випадку, якщо недалеко від виноробного підприємства розміщена ферма або тваринницький комплекс, виробничі стічні води виноробних заводів можна використовувати для розбавлення гною на етапі підготовки його до

метанового зброджування. В цьому випадку відпадає необхідність очищення стоків перед скиданням їх у водойми, адже утворений біошлам використовуватиметься в якості органічного добрива.

Відносна вологість сировини, що завантажується в метантенк W_r^2 , має бути не менше 92 % в літню пору року. Відносна вологість гною ВРХ (суміш калу і сечі) становить 86-87%.

Отже, для доведення гноївки ВРХ, що поступає із ферми, до стану, придатного для метанового зброджування, до неї необхідно додати води, що становить не менше 0,43 маси гноївки. Частину цієї води можна замінити виробничими стічними водами виноробних виробництв.

Нами проводилось дослідження впливу стічних вод виноробних виробництв в разі часткової заміни ними води при розбавленні гноївки, на вихід біогазу. Дослідження проходили на біогазовій установці в навчально-науковій лабораторії біоконверсій в АПК Національного університету біоресурсів і природокористування України.

Метанове бродіння здійснювалось при періодичному завантаженні субстрату. Метантенк об'ємом 29 м³ був завантажений субстратом наполовину (коефіцієнт завантаження – 0,5). При додаванні нової порції субстрату перероджений субстрат змінювався наполовину (коефіцієнт спорожнення – 0,5). Тобто, при новому завантаженні в метантенк додавалось 7,5 кг субстрату. В якості субстрату використовувався гній ВРХ (тверда фракція), зібраний на пасовищі. При його відносній вологості 80% маса води для розбавлення гною в 1,5 рази перевищує масу гною. Тобто в метантенк завантажується 3 кг гною, розбавленого 4,5 кг води. В ході досліджень частина води була замінена стічними водами виноробних виробництв, що наведено в табл. 1.

1. Склад субстрату при дослідженні впливу стічних вод виноробних виробництв на вихід біогазу при метановому зброджуванні гною ВРХ.

Показник	Дослід 1	Дослід 2	Дослід 3	Дослід 4
Гній ВРХ, кг	3	3	3	3
Волога, кг, із них:	4,5	4,5	4,5	4,5
Вода, кг	4,5	4,35	4	3,5
Стоки виноробних виробництв, кг	0	0,15	0,5	1
, %	0	3	11	22

Результати досліджень наведено на рис. 1. Як показали дослідження, у всіх випадках використання стоків виноробних виробництв спостерігалась діауксія, що відповідає використанню двокомпонентних субстратів. При цьому спостерігається два

максимуми виходу біогазу. При цьому при бродінні субстрату, виготовленого з додаванням чистої води, діауксії не спостерігається.

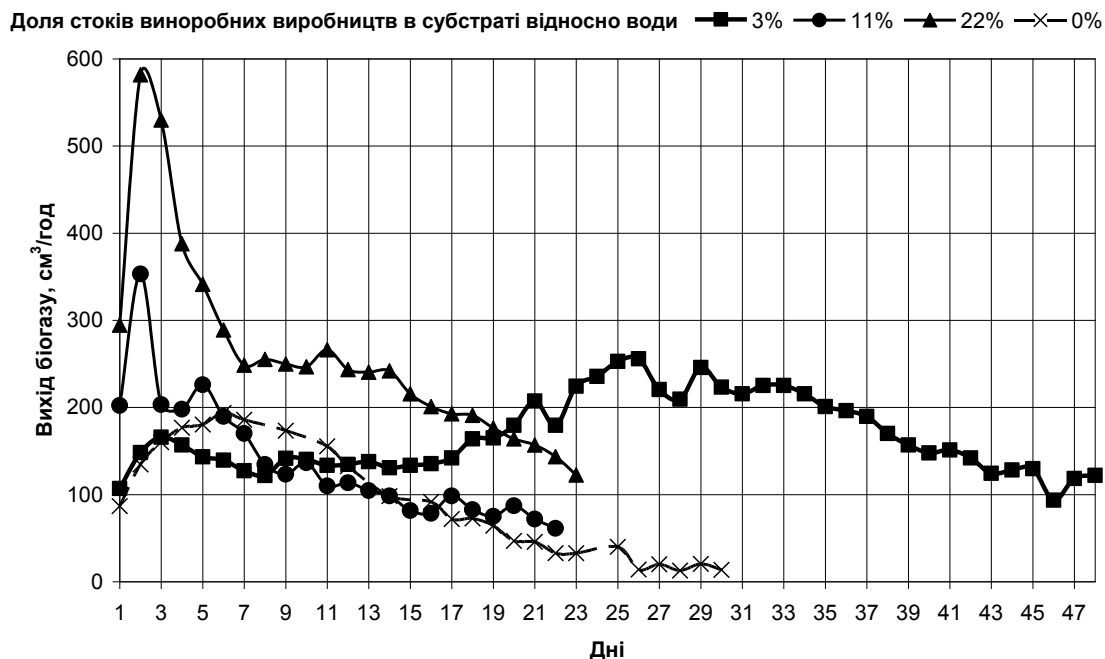


Рис. 1. Вихід біогазу при метановому зародженні гною ВРХ залежно від долі стічних вод виноробних виробництв відносно води в субстраті.

При 3% додаванні стоків виноробних виробництв до води при приготуванні субстрату перший пік виходу біогазу спостерігається на третю добу бродіння. Вихід біогазу незначний і становить трохи більше 150 см³/год. Після досить тривалого привикання бактерій до другого компоненту субстрату період другої експотенційної фази припадає на 24-30 добу бродіння. В цей час максимум виходу біогазу дещо перевищує 250 см³/год. Після 30 доби бродіння починається відмирання колонії бактерій в результаті вичерпання поживних речовин та накопичення продуктів життєдіяльності анаеробних мікроорганізмів, в результаті чого вихід біогазу поступово знижується. Повний час бродіння досить тривалий, період зброджування може доходити до двох місяців.

При збільшенні концентрації стоків виноробних підприємств інтенсивність першої експотенційної фази суттєво зростає, а час – зменшується. Максимальний вихід біогазу при додаванні до субстрату 11% стічних вод виноробних підприємств становить 350 см³/год., 22% – приблизно 600 см³/год. Максимум виходу біогазу спостерігається на другу добу бродіння. Друга експотенційна фаза виражена не так яскраво і при додаванні до субстрату 11% стічних вод виноробних підприємств спостерігається на 5 добу бродіння, при

22% – на 11 добу.

Висновки

1. Стічні води виноробних виробництв можна використовувати для часткової заміни води при приготуванні субстратів для виробництва біогазу.

2. Додавання стічних вод виноробних виробництв до води при приготуванні субстрату на основі гною ВРХ в кількості 11% дозволяє збільшити максимальний вихід біогазу в 1,5 разів, в кількості 22% - в 3 рази. Менший вміст стічних вод виноробних виробництв в субстраті суттєво не поліпшує вихід біогазу порівняно із використанням для приготування субстрату звичайної води.

Список літератури

1. Рынок алкоголя в Украине – производство и потребление (пиво, водка, коньяк, вино) / [Электронный ресурс] / Z-Украина. 2014 / Режим допуска к журн.: <http://zet.in.ua/news/rynok-alkogolya-v-ukraine-proizvodstvo-i-potreblenie-pivovodkakonyakvino/>. Дата допуска: 14/05/2014.
2. Лоренц В.И. Очистка сточных вод предприятий пищевой промышленности / В.И. Лоренц. – К: Будивельник, 1972. – 188 с.
3. Очистка сточных вод предприятий пищевой промышленности / [Электронный ресурс] / Z-Украина. 2014 / Режим допуска к журн.: <http://zet.in.ua/news/rynok-alkogolya-v-ukraine-proizvodstvo-i-potreblenie-pivovodkakonyakvino/>. Дата допуска: 14/05/2014.
4. Основы процесса биодegradации сточных вод в анаэробных биореакторах / [Электронный ресурс] / НПП-МЕДИАНА ЭКО / 2014 / Режим допуска к журн.: http://www.mediana-eco.ru/information/stoki_biological/a_bioreactor. Дата допуска: 15/05/2014.

Рассмотрены способы очистки сточных вод винодельческих производств. Предложено их использование в качестве компонента субстрата для производства биогаза. Исследован выход биогаза из субстрата на основе сточных вод винодельческих производств.

Сточные воды винодельческих производств, биогаз, субстрат, навоз КРС.

The methods of wastewater treatment plants wineries. Proposed to be used as a component of a substrate for biogas production. Investigated biogas production from substrate based wastewater wine production.

Sewage wine production, biogas, substrate, cattle manure.

АНАЛІЗ ОПТИМАЛЬНИХ РЕЖИМІВ РУХУ ГІДРОЗАХВАТА ДЛЯ КОЛОД

***В.С. Ловейкін, доктор технічних наук
П.В. Лимар, інженер***

У роботі проведений аналіз отриманих оптимального динамічного та оптимального енергетичного режимів руху гідроциліндра, що керує щелепами захвата.

Гідрозахват, оптимізація, динамічні навантаження, сила захоплення, щелепи.

Постановка проблеми. Грейфер для колод – це механізм для обробки деревини, який може бути прикріплений до кранової системи, маніпуляторного навантажувача, трелювальних тракторів, форвардерів та інших машин для навантаження, розвантаження, сортування, операцій укладки на лісних складах або на лісосіках. Грейфери трелювальних тракторів широко використовуються в лісовій промисловості протягом багатьох років. Статистика показує що валочно-пакувальні роботи мають коефіцієнт використання до 75 відсотків [1]. Однак, лише кілька посилань можна знайти про конструкцію або механіку захоплення грейфером деревини. Оскільки сила захоплення є ключовим фактором, який використовується для визначення структури та параметрів грейфера в процесі проектування, необхідно розробити більш досконалі моделі, щоб зрозуміти як діють сили захоплення.

Аналіз останніх досліджень. Застосування гідравлічних приводів захвату є найбільш розповсюдженими. Вони розрізняються за положеннями гідроциліндра: з похилим, вертикальним і горизонтальним циліндрами [1]. Теоретичні аспекти, які розглядаються в процесі проектування грейферів, це структурні властивості, параметри і кінематика руху грейферного механізму [2]. Розробка концепції захоплення грейферами деревини вперше була описана Таубером [3], а визначення геометричних параметрів грейферних механізмів висвітлюються у роботах О.П. Асяткина [4], С.І. Грицюка [5] та інших авторів. Дослідженню оптимізації режимів руху різних механічних систем присвячено роботи [6, 7, 8], в яких розглядається оптимальне керування рухом вантажопідйомних, будівельних та підйомно-транспортних машин. Проте дослідження оптимізації режимів руху грейферних механізмів практично не проводились.

© В.С. Ловейкін, П.В. Лимар, 2014

Мета досліджень. Проаналізувати та порівняти отримані закони руху щелеп грейферного гідрозахвата за енергетичним та динамічним критеріями.

Результати досліджень. Грейферний пристрій представляємо у вигляді плоского механізму (рис. 1). Він складається з п'яти рухомих ланок: 1 – штока гідроциліндра; 2 – циліндра; 3 – правої щелепи; 4 – лівої щелепи; 5 – важеля, який забезпечує симетричний рух щелеп 3 і 4, та нерухомої ланки рамної конструкції грейфера. Даний механізм має одну ступінь рухомості, тобто одну ведучу ланку. Такою ланкою є шток гідроциліндра.

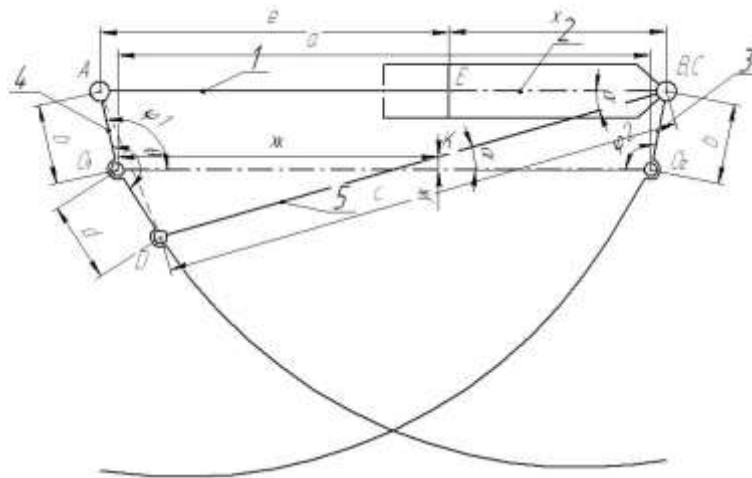


Рис. 1. Схема грейферного захвату.

Вихідними даними що визначають геометричні параметри грейфера є: $b=d=0,12\text{м}$, $e=0,6\text{м}$, $c=0,79\text{м}$, $\theta=160^\circ$, $a=0,8\text{м}$.

Переміщення штока гідроциліндра характеризується координатою x , а переміщення щелеп визначаються координатами φ_1 і φ_2 , які визначаються залежностями:

$$\varphi_1 = \arccos \left(-B + \sqrt{\frac{B^2 - AC}{A}} \right) \quad (1)$$

$$\varphi_2 = \arccos \left\{ \frac{1}{b} \left[a - d \cos(\theta - \varphi_1) - \frac{e+x}{2} - \frac{c^2 - b^2 - d^2 + 2bd \cos \theta}{2(e+x)} \right] \right\}, \quad (2)$$

в яких для спрощення виразу використаємо наступні рівняння:

$$A = b^2 - 2bd \cos \theta + d^2;$$

$$B = \frac{1}{2} (b - d \cos \theta) \left(e - x - \frac{c^2 - b^2 - d^2 + 2bd \cos \theta}{e + x} \right);$$

$$C = \frac{1}{4} \left(e + x - \frac{c^2 - b^2 - d^2 + 2bd \cos \theta}{e + x} \right)^2 - d^2 \sin^2 \theta,$$

де a – відстань між осями повороту грейфера; b, d – відстані від осей повороту щелеп до осей їх з'єднання з іншими ланками грейфера; c – довжина важеля 5; e – довжина штоку гідроциліндра; θ – кут розвороту лівої щелепи між кінематичними парами A і D .

Кут α , що показує нахил важеля 5 до горизонту, визначається за таким виразом:

$$\alpha = \arccos\left(\frac{(e+x)^2+c^2-b^2-d^2+2bd\cos\theta}{2c(e+x)}\right) \quad (3)$$

Важіль 5 здійснює плоско-паралельний рух – поступальне переміщення центра мас (точка K) і поворот навколо цього центра з кутовою координатою α . Координати точки K визначаються такими залежностями:

$$\begin{cases} x_K = d\cos(\theta - \varphi_1) + \frac{1}{2}c\cos\alpha; \\ y_K = -d\sin(\theta - \varphi_1) + \frac{1}{2}c\sin\alpha. \end{cases} \quad (4)$$

Знайдемо також узагальнені швидкості точки K :

$$\begin{cases} \dot{x}_K = \dot{\varphi}_1 d\sin(\theta - \varphi_1) - \frac{\dot{\alpha}}{2}c\sin\alpha; \\ \dot{y}_K = \dot{\varphi}_1 d\cos(\theta - \varphi_1) + \frac{\dot{\alpha}}{2}c\cos\alpha. \end{cases} \quad (5)$$

Щелепи 4 і 3 здійснюють обертальний рух відносно точок O_1 і O_2 і характеризуються кутовими координатами φ_1 і φ_2 . Шток 1 гідроциліндра здійснює поступальний рух і його координати центра мас визначаються координатою точки A .

Гільза 2 гідроциліндра здійснює поступальний рух і її координати центра мас визначаються координатою точки B . Нехтуємо можливим поворотом штока та гільзи гідроциліндра, оскільки вони практично відсутні.

Знайдемо оптимальний енергетичний режим руху грейферного захвата. Для цього використаємо інтегральний критерій, який представляє собою середнє за час руху значення кінетичної енергії

$$I_T = \frac{1}{t_1} \int_0^{t_1} T dt, \quad (6)$$

де t – час; $t_1=5$ с – тривалість руху штока гідроциліндра з одного крайнього положення в інше; T – кінетична енергія грейфера.

Визначимо кінетичну енергію грейфера

$$T = \frac{1}{2}m_1V_A^2 + \frac{1}{2}m_2V_B^2 + \frac{1}{2}J_{O2}\dot{\varphi}_2^2 + \frac{1}{2}J_{O1}\dot{\varphi}_1^2 + \frac{1}{2}m_5(\dot{x}_K^2 + \dot{y}_K^2) + \frac{1}{2}J_K\dot{\alpha}^2, \quad (7)$$

де $m_1=15$ кг, $m_2=20$ кг, $m_5=10$ кг – відповідно маси штока, гільзи гідроциліндра та важеля; $J_{O1}=J_{O2}=6,54$ кг·м² – моменти інерції щелеп відносно осей обертання; $J_K=0,52$ кг·м² – момент інерції важеля відносно центра мас; V_A , V_B – лінійні швидкості точок A і B щелеп грейфера (рис. 1); $\dot{x}_K$, $\dot{y}_K$ – горизонтальна та вертикальна складові швидкості центра мас важеля; $\dot{\varphi}_1$, $\dot{\varphi}_2$, $\dot{\alpha}$ – кутові швидкості відповідно лівої, правої щелеп та важеля. Швидкості точок A і B щелеп грейфера визначаються залежностями:

$$\begin{cases} V_A = \dot{\varphi}_1 b \\ V_B = \dot{\varphi}_2 b' \end{cases} \quad (8)$$

де b – довжина плеча прикладання зусиль гідроциліндра.

Після підстановки залежностей (5) і (8) у вираз (7), отримаємо

$$T = \frac{1}{2}(m_1 b^2 + m_5 d^2 + J_{O1})\dot{\varphi}_1^2 + \frac{1}{2}(m_2 b^2 + J_{O2})\dot{\varphi}_2^2 + \frac{1}{2}(m_5 c^2/4 + J_K)\dot{\alpha}^2 + \frac{1}{2}m_5 c d \dot{\varphi}_1 \dot{\alpha} \cos(\theta + \alpha + \varphi_1). \quad (9)$$

Якщо прийняти:

$$\begin{cases} \dot{\varphi}_1 = \dot{x} \frac{\partial \varphi_1}{\partial x} \\ \dot{\varphi}_2 = \dot{x} \frac{\partial \varphi_2}{\partial x} \\ \dot{\alpha} = \dot{x} \frac{\partial \alpha}{\partial x} \end{cases}, \quad (10)$$

то кінетична енергія має такий вигляд:

$$T = \frac{1}{2}(m_1 b^2 + m_5 d^2 + J_{O1})\dot{x}^2 \left(\frac{\partial \varphi_1}{\partial x}\right)^2 + \frac{1}{2}(m_2 b^2 + J_{O2})\dot{x}^2 \left(\frac{\partial \varphi_2}{\partial x}\right)^2 + \frac{1}{2}(m_5 c^2/4 + J_K)\dot{x}^2 \left(\frac{\partial \alpha}{\partial x}\right)^2 + \frac{1}{2}m_5 c d \dot{x}^2 \frac{\partial \alpha}{\partial x} \frac{\partial \varphi_1}{\partial x} \cos(\theta + \alpha + \varphi_1). \quad (11)$$

Для знаходження оптимального енергетичного режиму руху рейферного механізму застосуємо класичне варіаційне числення. Для цього визначимо необхідну умову мінімуму критерію (6) – рівняння Ейлера-Пуассона [7], з урахуванням виразу (11). Умовою мінімуму критерію I_T є рівняння:

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \dot{x}} - \frac{\partial T}{\partial x} = 0. \quad (12)$$

Отримане рівняння є нелінійним однорідним диференціальним рівнянням другого порядку. Розв'язання вказаного рівняння є досить складною задачею, яка не може бути розв'язана в аналітичному вигляді. Тому використаємо прямий варіаційний метод, який запропоновано в роботі [10]. Задамо необхідні крайові умови:

$$\begin{cases} x(0) = x_0; \dot{x}(0) = 0; \ddot{x}(0) = 0; \\ x(t_1/2) = q_1; \\ x(t_1) = x_0 + s; \dot{x}(t_1) = 0; \ddot{x}(t_1) = 0. \end{cases} \quad (13)$$

Згідно методу, знаходимо опорну функцію, яка є розв'язком крайової задачі:

$$x(t) = \frac{1}{T_1^6} (t^3 (-64q_3(t - T_1)^3 + s(2t - T_1)(16t^2 - 37tT_1 + 22T_1^2)) + (64t^6 - 192t^5T_1 + 192t^4T_1^2 - 64t^3T_1^3 + T_1^6)x_0), \quad (14)$$

де q_1 – положення штока гідроциліндра; $s=0,25\text{м}$ – хід штока гідроциліндра; $x_0=0,05\text{м}$ – початкове положення гідроциліндра.

Підставимо закон руху у підінтегральний вираз функціоналу (6) та знайдемо інтеграл. Функціонал перетворюється у складну функцію параметра q_1 . Для того, щоб мінімізувати значення інтегралу необхідно розв'язати рівняння:

$$\frac{\partial I}{\partial q_1} = 0 \quad (15)$$

На основі проведених розрахунків отримали найменше значення критерію $q_1=0.1725$. Для цього значення наведено кінематичні функції руху щелеп (рис. 2 – рис. 5).

Для оптимізації динамічного режиму руху грейферного захвата використаємо інтегральний критерій, який представляє собою середнє за час руху значення динамічної складової потужності приводного механізму.

$$I_V = \frac{1}{t_1} \int_0^{t_1} V dt, \quad (16)$$

Визначимо енергію прискорень механічної системи грейфера

$$V = \frac{1}{2} m_1 W_A^2 + \frac{1}{2} m_2 W_B^2 + \frac{1}{2} J_{O2} \ddot{\varphi}_2^2 + \frac{1}{2} J_{O1} \ddot{\varphi}_1^2 + \frac{1}{2} m_5 (\ddot{x}_K^2 + \ddot{y}_K^2) + \frac{1}{2} J_K \ddot{\alpha}^2, \quad (17)$$

Знайдемо необхідну умову мінімуму критерію (17) – рівняння Ейлера-Пуассона:

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial V}{\partial \dot{x}} - \frac{\partial V}{\partial x} = 0. \quad (18)$$

Задамо необхідні крайові умови:

$$\begin{cases} x(0) = x_0; \dot{x}(0) = 0; \ddot{x}(0) = 0; \\ x(t_1/3) = q_2; \\ x(2t_1/3) = q_3 \\ x(t_1) = x_0 + s; \dot{x}(t_1) = 0; \ddot{x}(t_1) = 0. \end{cases} \quad (19)$$

Знаходимо опорну функцію, яка є розв'язком крайової задачі:

$$\begin{aligned} x(t) = \frac{1}{8t_1^7} & \left(729q_2t^3(3t-2t_1)(t-t_1)^3(3t-t_1)(-729q_3t^3(t-t_1)^3 \right. \\ & + (3t-2t_1)(st^3(141t^2-312tt_1+175t_1^2) \\ & \left. + t_1(81t^4-162t^3t_1+63t^2t_1^2+18tt_1^3+4t_1^4)x_0)) \right) \end{aligned} \quad (20)$$

де q_2, q_3 – положення штока гідроциліндра

Розв'яжемо систему рівнянь, щоб мінімізувати значення інтегралу:

$$\begin{cases} \frac{\partial I}{\partial q_2} = 0; \\ \frac{\partial I}{\partial q_3} = 0. \end{cases} \quad (21)$$

Розв'язавши систему отримаємо $q_1=0.1075$ і $q_2=0.2375$. Для цих значень критерію також побудуємо графіки функцій (рис. 2 – рис. 5).

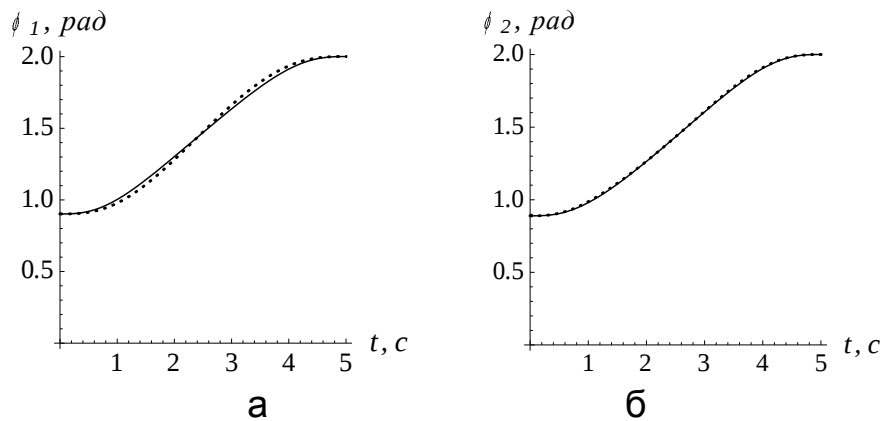


Рис. 2. Графіки зміни кутових координат кутів а – $\phi_1(t)$; б – $\phi_2(t)$.

— оптимальний динамічний режим оптимальний енергетичний режим

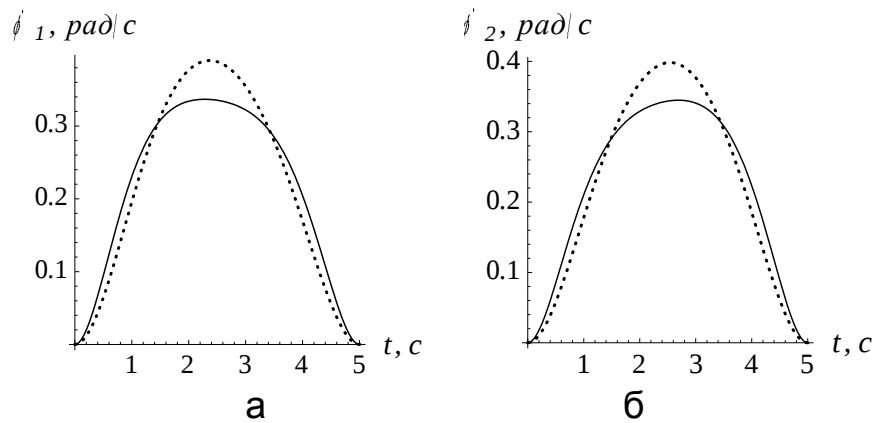


Рис. 3. Графіки кутових швидкостей: а – $\dot{\phi}_1(t)$; б – $\dot{\phi}_2(t)$.

— оптимальний динамічний режим оптимальний енергетичний режим

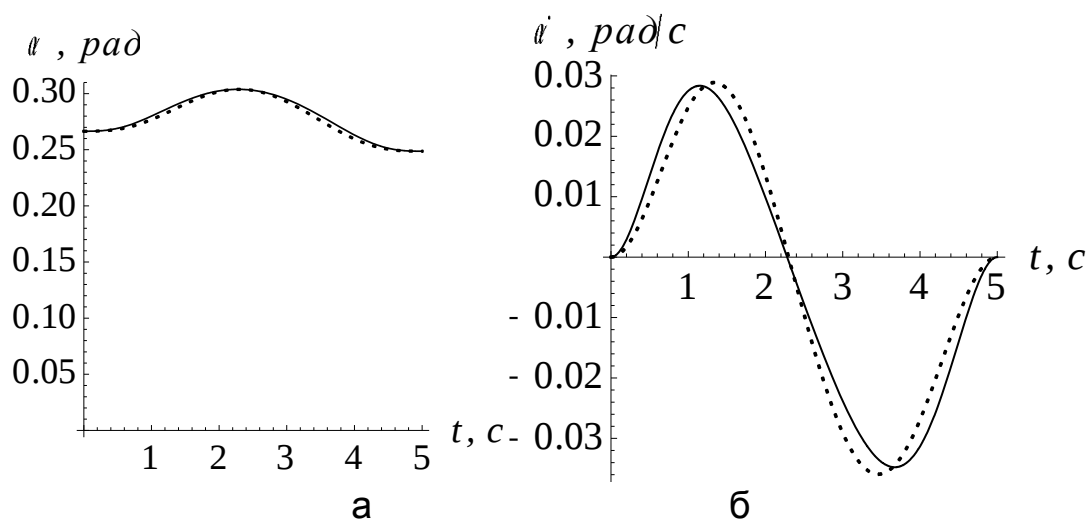


Рис. 4. Графіки зміни кутової координати (а) і швидкості (б) важеля.

— оптимальний динамічний режим оптимальний енергетичний режим

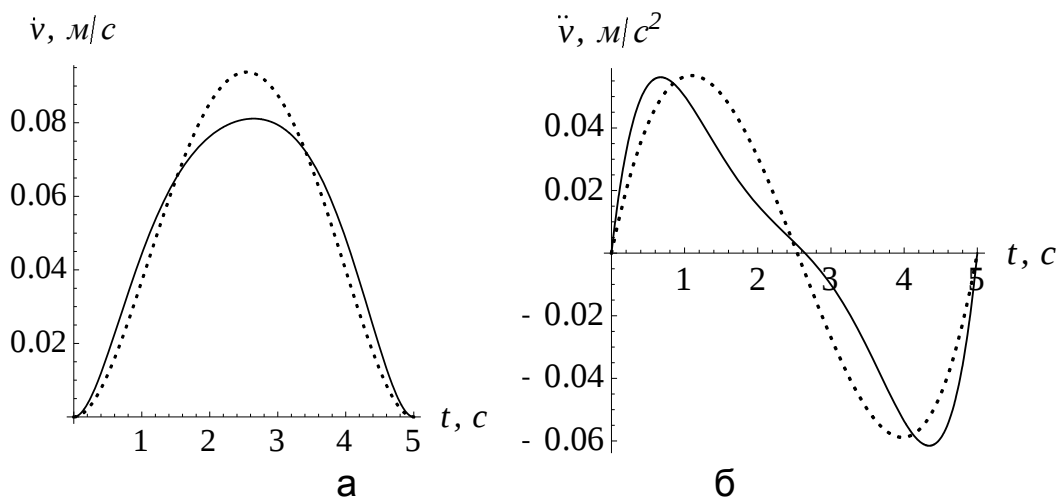


Рис. 5. Графіки швидкості (а) та прискорення (б) штоку гідроциліндра.

— оптимальний динамічний режим оптимальний енергетичний режим

З даних графіків видно, що отримані оптимальні режими руху гідроциліндра забезпечують плавну зміну кутових швидкостей щелеп, що забезпечують мінімум обраному критерію середнього значення динамічної складової потужності приводного механізму та середнього значення кінетичної енергії за час руху.

Висновок. Проаналізувавши графіки функцій руху щелеп і гідроциліндра гідрозахвата при різних режимах руху видно, що зміна кутових координат практично ідентична, але при оптимальному динамічному режимі руху пікові швидкості мають менше значення ніж при оптимальному енергетичному. Отже можна зробити висновок, що оптимальний динамічний режим руху більш підходить для даного механізму, так як під час руху за даним законом, зменшуються динамічні навантаження, що позитивно впливає на зносостійкість деталей і ресурс роботи механізму.

Список літератури

1. Wang, J. and G. Li. 1993. A review of log grapple used in China. J. of Forest Engineering. 4(2): 33–36.
2. Wang, J. 1990. Study on the theories of log grapples. Ph.D. Dissertation. Northeast Forestry University, Harbin, China. 311 p.
3. Таубер Б.А. Грейферные механизмы. Теория, расчет и конструкции / Б.А. Таубер. – М.: Машиностроение, 1967. – 424 с.
4. Асяткин О.П. Исследование основных конструктивных и эксплуатационных параметров напорных грейферов для погрузки силоса на животноводческих фермах. Автореф. дис. канд. техн. наук / О.П. Асяткин. – Краснодар, 1966. – 25 с.
5. Грицюк С.И. Методика проекторочного расчета гидравлического грейфера для стеблевых грузов / С.И. Грицюк // Тракторы и с.х. машины. – 1975. – № 12. – С. 22–24.

6. Григоров О.В. Оптимальное керування рухом механізмів вантажопідйомних машин [Текст] / О.В. Григоров, В.С. Ловейкін. – К.: УМК ВО, 1997. – 262 с.
7. Ловейкин В.С. Расчеты оптимальных режимов движения механизмов строительных машин / В.С. Ловейкин. – К.: УМК ВО, 1990. – 168 с.
8. Моделювання динаміки механізмів вантажопідйомних машин [Текст] / [В.С. Ловейкін, Ю.В. Човнюк, С.І. Пастушенко]. – К.: Наука, 2004. – 285 с.
9. Ловейкін В.С. Оптимізація перехідних режимів руху механічних систем прямим варіаційним методом [Текст] / В.С. Ловейкін, А.В. Ловейкін, Ю.О. Ромасевич // Вісник ТДТУ. – 2010. – Т. 15. – №1. – С. 201–206.
10. Ловейкін В.С. Оптимізація перехідних режимів руху механічних систем прямим варіаційним методом / В.С. Ловейкін, Ю.О. Ромасевич. – Ніжин: Видавець ПП «Лисенко М.М.», 2010. – 184 с.

В работе проведён анализ полученных оптимального динамического и оптимального энергетического режимов движения гидроцилиндра, который управляет челюстями захвата.

Гидрозахват, оптимизация, динамические нагрузки, сила захвата, челюсти.

In paper the analysis of optimal dynamic and optimal energy modes of motion of hydraulic cylinder that controls the jaws of capture.

Hydraulic grips, optimization, dynamic forces, gripping force, jaw.

УДК 632.937:631.3

PERSPECTIVES OF NONPILOT FLYING DEVICES IN ORGANICAL FARMING USAGE

V.O. Dubrovyn, V.G. Myronenko

In paper indicated the perspective tendency of technical production practice development of ecological and clean plant products in the system of organic farming. As well as determinate scientific and organizational measures of effective usage unmanned flying devices in biological plant protection technologies.

Ecologically clean products, organic farming, unmanned flying devices, effectiveness.

Problem. Solving the problem of quality food human guarantee in a condition deterioration of the ecological state of the environment

© V.O. Dubrovyn, V.G. Myronenko, 2014

6. Григоров О.В. Оптимальное керування рухом механізмів вантажопідйомних машин [Текст] / О.В. Григоров, В.С. Ловейкін. – К.: УМК ВО, 1997. – 262 с.
7. Ловейкин В.С. Расчеты оптимальных режимов движения механизмов строительных машин / В.С. Ловейкин. – К.: УМК ВО, 1990. – 168 с.
8. Моделювання динаміки механізмів вантажопідйомних машин [Текст] / [В.С. Ловейкін, Ю.В. Човнюк, С.І. Пастушенко]. – К.: Наука, 2004. – 285 с.
9. Ловейкін В.С. Оптимізація перехідних режимів руху механічних систем прямим варіаційним методом [Текст] / В.С. Ловейкін, А.В. Ловейкін, Ю.О. Ромасевич // Вісник ТДТУ. – 2010. – Т. 15. – №1. – С. 201–206.
10. Ловейкін В.С. Оптимізація перехідних режимів руху механічних систем прямим варіаційним методом / В.С. Ловейкін, Ю.О. Ромасевич. – Ніжин: Видавець ПП «Лисенко М.М.», 2010. – 184 с.

В работе проведён анализ полученных оптимального динамического и оптимального энергетического режимов движения гидроцилиндра, который управляет челюстями захвата.

Гидрозахват, оптимизация, динамические нагрузки, сила захвата, челюсти.

In paper the analysis of optimal dynamic and optimal energy modes of motion of hydraulic cylinder that controls the jaws of capture.

Hydraulic grips, optimization, dynamic forces, gripping force, jaw.

УДК 632.937:631.3

PERSPECTIVES OF NONPILOT FLYING DEVICES IN ORGANICAL FARMING USAGE

V.O. Dubrovyn, V.G. Myronenko

In paper indicated the perspective tendency of technical production practice development of ecological and clean plant products in the system of organic farming. As well as determinate scientific and organizational measures of effective usage unmanned flying devices in biological plant protection technologies.

Ecologically clean products, organic farming, unmanned flying devices, effectiveness.

Problem. Solving the problem of quality food human guarantee in a condition deterioration of the ecological state of the environment

© V.O. Dubrovyn, V.G. Myronenko, 2014

requires a comprehensive restructuring of agriculture-based bioenergy and conversion to organic farming.

Capacity of organic agricultural products market in the world reached to 30 billion dollars U.S., including in the EU about 15 billion dollars. U.S. and becomes the tendency to increase over the next 5 – 7 years to 70 -80 billion. U.S. In addition, along with organic products of high environmental quality in many developing countries food market improved environmental quality, produced with limited use of pesticides and fertilizers (up to 50-70 per cent of their use in technology-intensive crop).

The objective of paper is to prove the feasibility of using unmanned flying devices in the latest technology of agriculture.

The research results. The implementation of organic agriculture provides a broad range of scientific and technical tasks, including monitoring of the field at all stages of agricultural production, providing local-dosed soil typical lung fields, the use of highly efficient organic fertilizers, biological methods of plant protection, the use of biofuels for industrial and household needs APC (Fig. 1).

In Ukraine, but the most fertile in the world of black and favorable soil and climatic conditions are also other preconditions for the development of agriculture and crop biologization as a whole. First of all, the historical experience of large practical biologization plant protection, scientific and technical potential of industrial biotechnology production and use of biological plant protection.

Particularly widespread in the plant acquired biological agents after it became apparent adverse effects of pesticide use when alongside inhibition of pathogenic microorganisms poisoned useful species of animals that eat plants with pesticides. In the application of biological products have not resistant to molds and pests are no distance effects, including effects on the chromosomal apparatus of human cells. Use of biological plant protection allows for 15-20% yield increase at the same time reducing overall costs to 50%. Thus, for example, the energy equivalent processing hectares of winter wheat Entomological drug is 33.5 MJ / ha to 219.0 MJ / ha treatment chemical pesticides [1].

One of the most complex scientific and engineering problems to be solved in the industrial use of biological crop protection is to ensure their effective introduction (Fig. 2).

Currently in Ukraine are the primary means of biological pest control method as in the fields and in gardens are tryhohrama that provides containment harmfulness complex dangerous pests such as підгризаючі and foliage scoops, вогнівки, білани, молі, садові листокрутки more. We know a number of techniques and technologies moving Trichogramma.

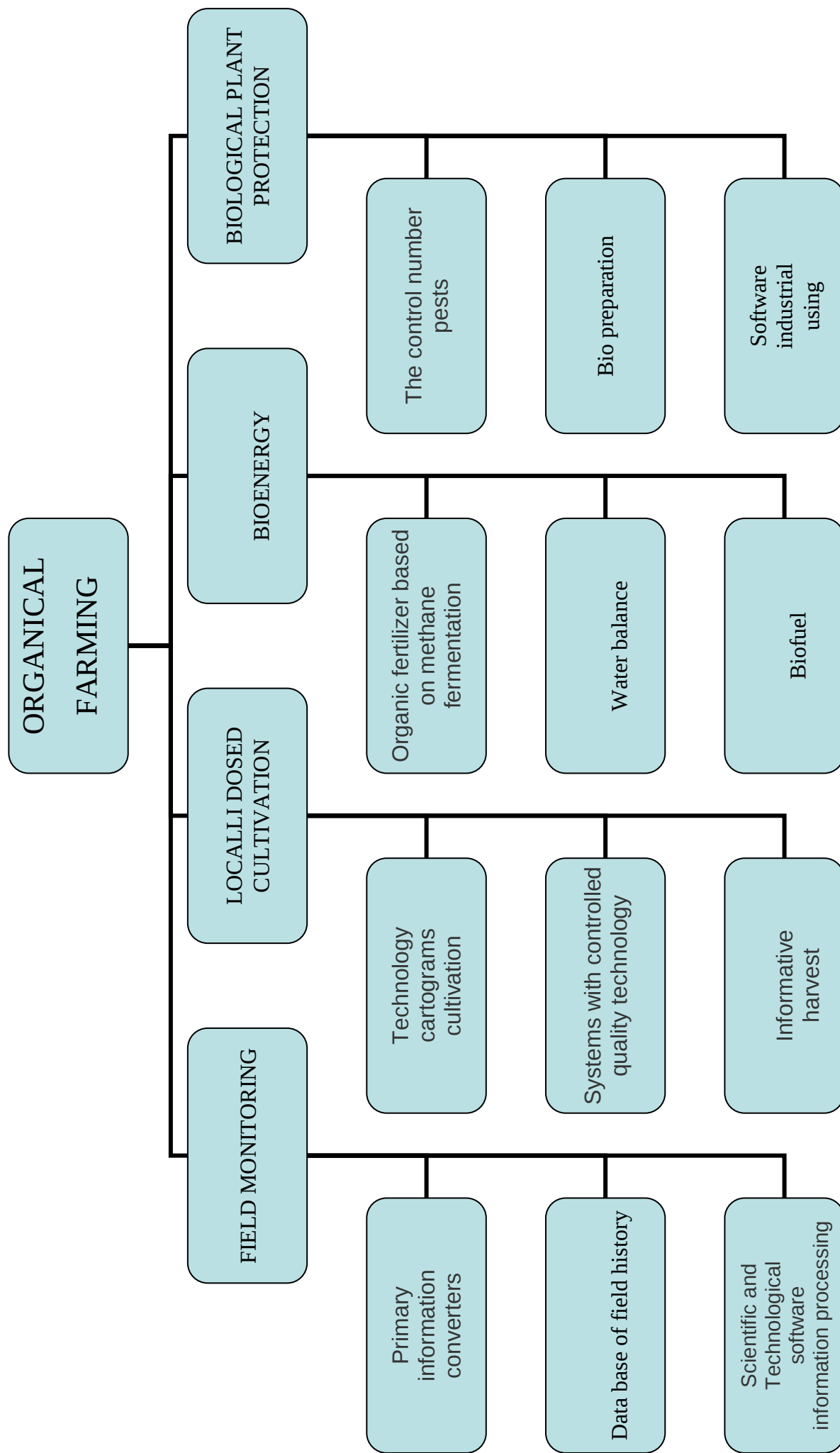


Fig. 1. Structure of the major scientific and technological problems of organic farming.

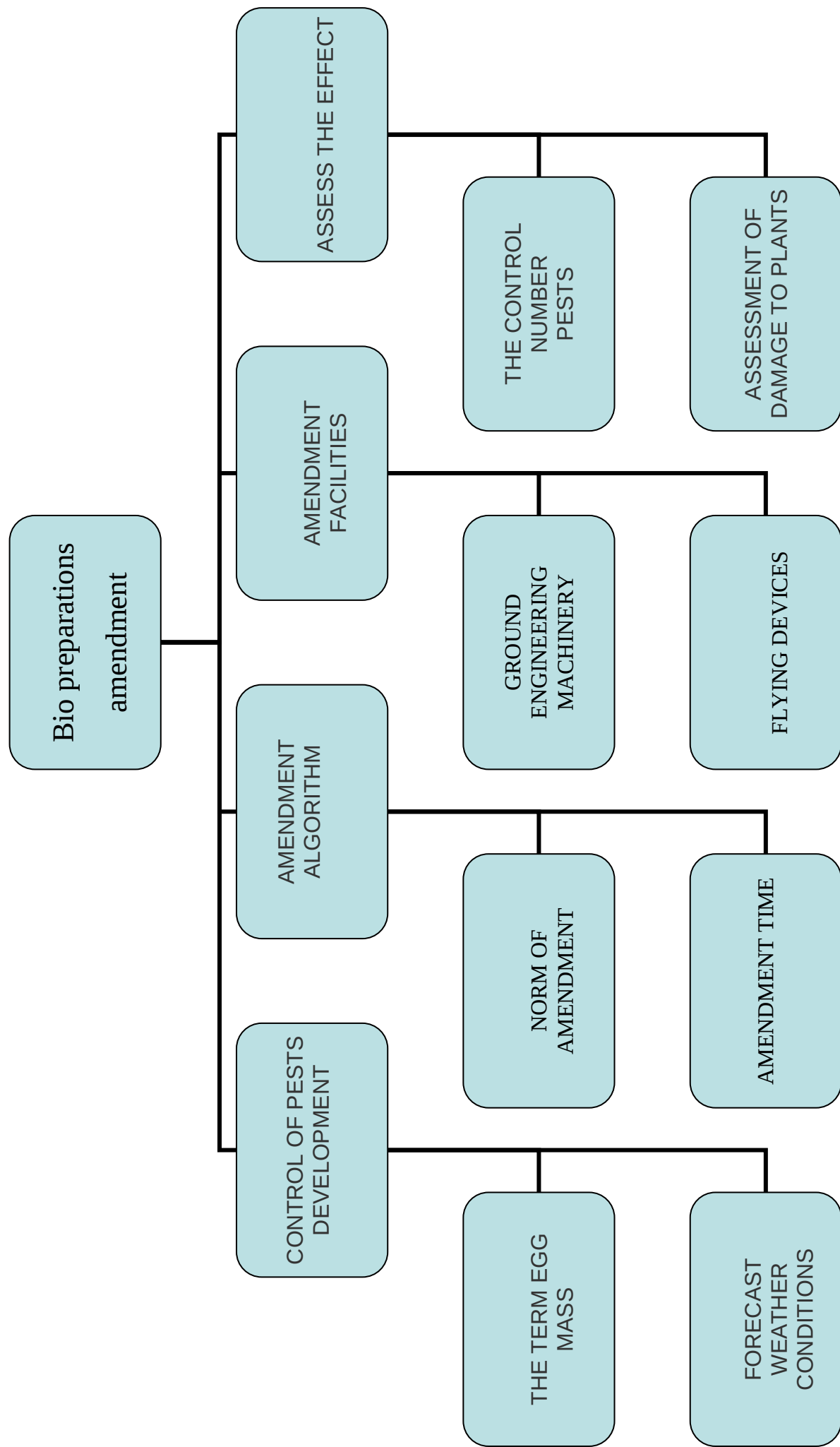


Fig. 2. Structure of the major scientific and technical problems biological amendment.

Cost of Treated tryhohramoyu hectare of agricultural land is largely dependent on the medium in which is mounted device settling. Use traditional ground and aviation equipment: tractors Class-1, 4, AN-2, MI-2 helicopters, load them hundreds of times higher than its own weight device moving along to the appropriate stock of biological material in it, leads to a significant недозавантаження these funds (approximately 95 – 98%).

Analysis of known technologies and hardware for industrial settlement Trichogramma allowed to conclude prospects of using unmanned flying devices, equipped with modern means of remote control. Employees NUBiP Ukraine and the National Technical University "KPI" developed radio-controlled drone UAVs "A-1" (Fig. 3) for resettlement under Trichogramma as imago, Trichogramma, which is in the grain moth eggs. Unmanned flying device "A-1" refers to the lightweight UAV with a maximum take-off weight – 5 kg. Mass of target load – 1.5 kg. To improve transportation to place of work design aircraft made collapsible – dismantled wings. Run the aircraft is on hand. In drones "A-1" is set electric motor power, which makes it possible to start without applying much effort to run it. Landing the plane is the surface field. As a result of the studies established the following rational parameters UAVs "A-1": the size of the hopper – volume 500 cm³, the capacity of biological material – 200 g; speed aircraft in the performance of the process should not exceed 80 km/hr., The most appropriate working height flight is 5m, the overall performance of the settlement is over Trichogramma 60 ha/hr.



Fig. 3. Nonpilot flying device "A - 1".

This technology uses in a continuous, or local resettlement Trichogramma. For continuous settlement Trichogramma used unmanned system, which set a given width of the treated area, altitude, area of spread and set the standard. If necessary, local resettlement Trichogramma applies operative control variable application rate of

technological material using equipment to measure the intensity of plant cover in a particular area of the field. Density of stem mass crops and field areas affected by diseases and pests are recorded corresponding primary transducers (ultraviolet, infrared, etc.). In the previous passage. To construct an electronic database held spectral calibration for comparative characteristics of field sites with different colors of the photo.

The advantage of such technology is to make technology and the timely and equitable resettlement Trichogramma in any state of the field, including with regard to the configuration fields, the density of plant cells increased the number of pests.

Using unmanned flying devices was carried out making entomological drug Trichogramma on corn crops at the rate of - 1.25 g / ha. Brought 160 g Trichogramma first class. Trichogramma pinto Voeg.: Infection of trichogramma host eggs - 89.6%; revival Trichogramma - 86.7%, sex ratio - 1:1,3, fertility female Trichogramma - 46.5 eggs / female, search ability Trichogramma - 84.9 % [2]. Conducted counts of damage to corn plants butterflies showed significant benefits in areas with the introduction of Trichogramma. In the research areas of damage stems and cobs of corn was 20 to 13%, and the control region - over 70% of plants (46% stalks and cobs 26%) [3].

Conclusions

1. Ukraine has favorable natural – climatic conditions and scientific - technical support for the efficient production environment - clean crop production in organic farming system.

2. Biological method – one of the key factors of effective development of organic farming. Thus the energy equivalent costs under the protection of plants Entomological drug in 5–7 times less than chemical pesticides.

3. Creation of specialized unmanned aircraft for air moving Trichogramma allows access to its effective industrial use in agricultural production.

4. Rational parameters developed unmanned flying device: take-off weight – up to 5 kg, wingspan – 2 m, length 1.5 m, the target load – up to 1.5 kg capacity hopper – 500 cm³. When the process: speed – up to 80 km/h., Feasible operating altitude – 5 m., Productivity – more than 60 ha/h.

Reference

1. *Розробка технічних та біологічних характеристик для масового отримання лабораторних культур ентомофагів та мікроорганізмів для потреб захисту рослин // Звіт про НДР. – К.: НАУ, 2008. – 158 с.*

2. Мельничук М. Удосконалення методів визначення показників якості при виробництві ентомологічного препарату трихограми / М. Мельничук, В. Таргоня, Н. Ясинська // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки та технологій для сільського господарства України. – Дослідницьке, 2006. – Вип. 9 (23), кн. 2. – С. 111–122.
3. Мельничук М.Д. Основи технології біологічного захисту рослин у сучасному землеробстві / [М.Д. Мельничук, І.П. Григорюк, В.О. Дубровін та ін.] // Біоресурси і природокористування. – К.: НУБіП України, 2010. – Т. 2. – №1-2. – С. 5–11.

В статті розкрито перспективну тенденцію розвитку виробничо-технічної практики екологічних і чистих рослинних продуктів в системі органічного землеробства. Як детермінованих наукових і організаційних заходів ефективного використання безпілотних літальних апаратів в технологіях біологічного захисту рослин.

Екологічно чисті продукти, органічне землеробство, безпілотні літальні апарати, ефективність.

В статье раскрыто перспективную тенденцию развития производственно-технической практики экологических и чистых растительных продуктов в системе органического земледелия. Как детерминированных научных и организационных мероприятий эффективного использования беспилотных летательных аппаратов в технологиях биологической защиты растений.

Экологически чистые продукты, органическое земледелие, беспилотные летательные аппараты, эффективность.

УДК 620.17:582.623.2:662.63

ПРО ЗГИН ЖОРСТКО ЗАРОБЛЕНОГО ПРУТКА

**В.О. Гридякін, кандидат технічних наук
Глухівський національний педагогічний університет
імені Олександра Довженка
В.П. Ковбаса, доктор технічних наук
Л.М. Матюшенко, аспірант*
Національний університет біоресурсів і
природокористування України**

*Науковий керівник – доктор технічних наук В.П. Ковбаса

© В.О. Гридякін, В.П. Ковбаса, Л.М. Матюшенко, 2014

2. Мельничук М. Удосконалення методів визначення показників якості при виробництві ентомологічного препарату трихограми / М. Мельничук, В. Таргоня, Н. Ясинська // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки та технологій для сільського господарства України. – Дослідницьке, 2006. – Вип. 9 (23), кн. 2. – С. 111–122.
3. Мельничук М.Д. Основи технології біологічного захисту рослин у сучасному землеробстві / [М.Д. Мельничук, І.П. Григорюк, В.О. Дубровін та ін.] // Біоресурси і природокористування. – К.: НУБіП України, 2010. – Т. 2. – №1-2. – С. 5–11.

В статті розкрито перспективну тенденцію розвитку виробничо-технічної практики екологічних і чистих рослинних продуктів в системі органічного землеробства. Як детермінованих наукових і організаційних заходів ефективного використання безпілотних літальних апаратів в технологіях біологічного захисту рослин.

Екологічно чисті продукти, органічне землеробство, безпілотні літальні апарати, ефективність.

В статье раскрыто перспективную тенденцию развития производственно-технической практики экологических и чистых растительных продуктов в системе органического земледелия. Как детерминированных научных и организационных мероприятий эффективного использования беспилотных летательных аппаратов в технологиях биологической защиты растений.

Экологически чистые продукты, органическое земледелие, беспилотные летательные аппараты, эффективность.

УДК 620.17:582.623.2:662.63

ПРО ЗГИН ЖОРСТКО ЗАРОБЛЕНОГО ПРУТКА

**В.О. Гридякін, кандидат технічних наук
Глухівський національний педагогічний університет
імені Олександра Довженка
В.П. Ковбаса, доктор технічних наук
Л.М. Матюшенко, аспірант*
Національний університет біоресурсів і
природокористування України**

*Науковий керівник – доктор технічних наук В.П. Ковбаса

© В.О. Гридякін, В.П. Ковбаса, Л.М. Матюшенко, 2014

Викладені результати досліджень визначення лінії прогину прутка і розподілу напружень у довільному перерізі прутка. Отримані нами результати можуть бути використані при вирішенні завдань пов'язаних з експлуатацією, що полягає в проектуванні робочих органів сільськогосподарських, лісогосподарських та інших машин.

Згин стержня, деформація, лінія прогину, розподілення напружень.

Постановка проблеми. У багатьох задачах, які вирішуються в галузях механізації сільського господарства та сільськогосподарського машинобудування виникають задачі про прогин жорстко заробленого стержня зі змінним перетином по висоті, причому із різним по геометрії перетином. Однією з таких задач є відхилення рослини при дії переміщення (кінематичні початкові умови) і під дією сили (динамічні початкові умови).

Аналіз останніх досліджень. Відомі з опору матеріалів рішення [1] можна застосовувати лише для випадку невеликих зміщень і не можуть застосовуватися для аналізу відхилення стержня, оскільки в таких задачах спостерігається значний по величині прогин. Відомі рішення про великі прогини тонких стержнів [2], але в цих задачах не розглядаються напружено-деформований стан в самих стержнях. Тому, аналіз, який приводиться тут, може бути актуальним для фахівців.

Для вирішення поставленого завдання вивчалися відхилення рослини при дії переміщення і під дією сили з використанням напівзворотнього методу Сен-Венана. Він полягає в тому, що робиться припущення про вигляд деяких функцій напружень або переміщень.

Мета досліджень. Визначити залежність лінії прогину прутка. Визначити залежність розподілу напружень в довільному перерізі прутка, що дозволить визначити силу, яку необхідно прикласти для отримання певного прогину або напруженого стану в перетинах прутка змінного перерізу з певними пружними постійними.

Результати досліджень. Приймемо деякі припущення про розподіл напружень. Припустимо, що нормальна напруга в деякому перетині на відстані x від точки зароблення розподіляється таким же чином, що і у випадку чистого згину:

$$\sigma_x = -\frac{P(h-x)z}{J}, \quad (1)$$

де J – момент інерції перерізу, який залежить від x .

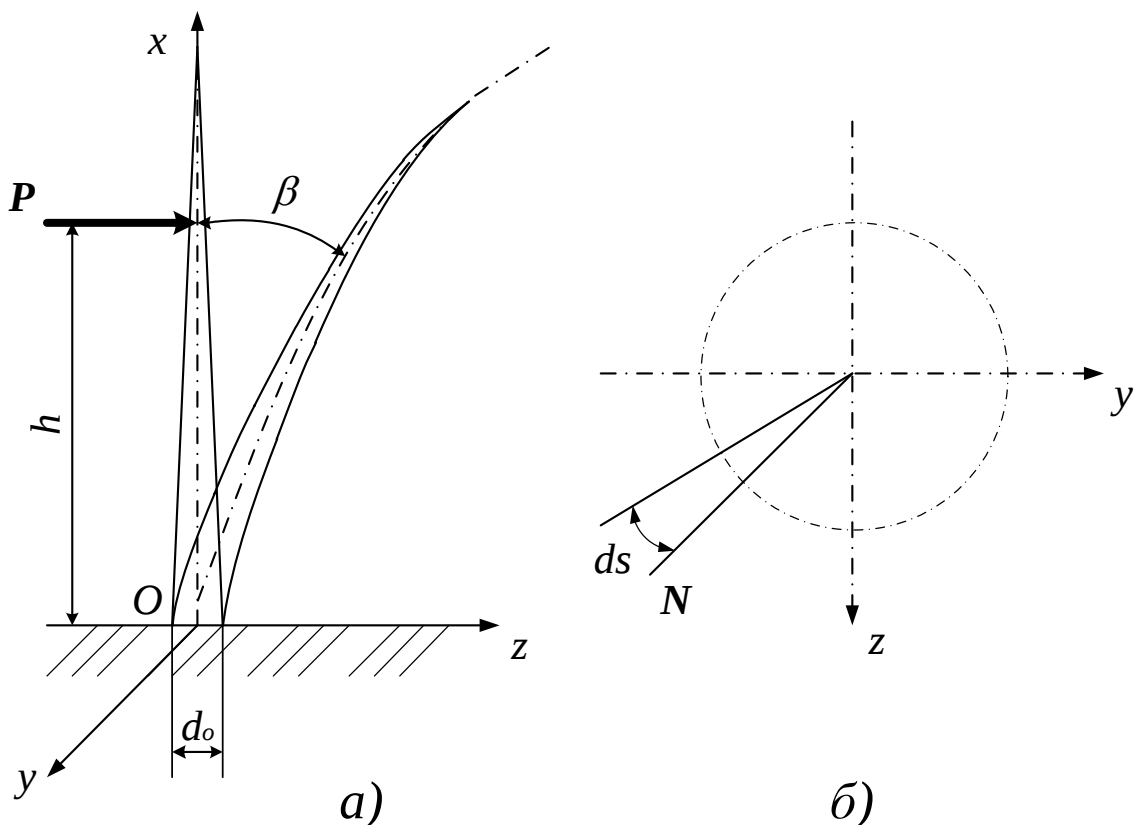


Рис. 1. Розрахункова схема згину прутка (а), перетин прутка (б).

Припустимо, що в тих же поперечних перетинах діють дотичні напруження τ_{xy}, τ_{xz} . Припустимо, що інші три компоненти напружень $\{\sigma_z, \sigma_y, \tau_{yz}\} = 0$.

При таких припущеннях розподіл навантаження P при $x = h$ і реакції в перетині $x = 0$ повинні задовольняти всі рівняння динаміки теорії пружності [4].

$$\begin{aligned} \frac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial z} + X &= 0; \\ \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_y}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial z} + Y &= 0; \\ \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_z}{\partial z} + Z &= 0, \end{aligned}$$

де X, Y, Z – об'ємні сили.

При прийнятих припущеннях $\{\sigma_y = \sigma_z = \tau_{yz}\} = 0$, і нехтуючи об'ємними силами $X = Y = Z = 0$ рівняння рівноваги (динаміки) приймуть вигляд:

$$\frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial z} = \frac{\partial \sigma_x}{\partial x} = -\frac{Pz}{J}; \quad (2)$$

$$\frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} = 0; \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial x} = 0. \quad (3)$$

Групу рівнянь (2) і (3) позначимо (а). Із рівняння (3) видно, що дотичні напруження не залежать від x . Звернемося до умов на поверхні (граничні умови) [4]:

$$\begin{aligned} \sigma_x l + \tau_{xy} m + \tau_{xz} n &= \bar{X}; \\ \tau_{xy} l + \sigma_y m + \tau_{yz} n &= \bar{Y}; \\ \tau_{xz} l + \tau_{yz} m + \sigma_z n &= \bar{Z}, \end{aligned} \quad (4)$$

де $\bar{X}, \bar{Y}, \bar{Z}$ – поверхневі сили, l, m, n – направляючі косинуси зовнішньої нормалі до поверхні прутка.

Враховуючи те, що бокова поверхня прутка вільна від зовнішніх сил і те, що $\{\sigma_y = \sigma_z = \tau_{yz}\} = 0$ приходимо до того, що з (4) залишається одне рівняння:

$$\tau_{xy} m + \tau_{xz} n = 0.$$

Із рис. 1,б напрямні косинуси можуть бути представлені наступним чином:

$$m = \cos N\hat{y} = \frac{dz}{ds}; n = \cos N\hat{z} = -\frac{dy}{ds},$$

де ds – елемент кривої, який обмежує поперечний переріз.

Тоді умова на поверхні прийме вигляд:

$$\tau_{xy} \frac{dy}{ds} - \tau_{xz} \frac{dz}{ds} = 0.$$

Розглянемо рівняння сумісності в напруженнях [4]:

$$\begin{aligned} (1+\nu)\Delta\sigma_x + \frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} &= 0; (1+\nu)\Delta\sigma_y + \frac{\partial^2 \theta}{\partial y^2} = 0; (1+\nu)\Delta\sigma_z + \frac{\partial^2 \theta}{\partial z^2} = 0; \\ (1+\nu)\Delta\tau_{xy} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial x \partial y} &= 0; (1+\nu)\Delta\tau_{xz} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial x \partial z} = 0; (1+\nu)\Delta\tau_{yz} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial y \partial z} = 0, \end{aligned} \quad (5)$$

де $\Delta = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$ – оператор Лапласа, $\theta = \sigma_x + \sigma_y + \sigma_z$.

У рівняннях (5) перші три, які містять нормальні компоненти напружень, задовольняються тотожно, аналогічно останнє, що містить τ_{yz} , також задовольняється тотожно. Тоді залишаються два рівняння:

$$\Delta \tau_{yz} = 0; \Delta \tau_{xz} = -\frac{P}{J(1+\nu)}.$$

Через функцію напружень $\varphi(y, z)$ (у плоскій постановці – функція Ері) компоненти напружень виражаються залежностями:

$$\sigma_z = \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2}; \sigma_y = \frac{\partial^2 \varphi}{\partial z^2}; \tau_{yz} = -\frac{\partial^2 \varphi}{\partial y \partial z}. \quad (6)$$

Враховуючи те, що $\frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} = \frac{\partial^3 \varphi}{\partial x \partial y \partial z}$, а також (6), рівняння (2) і (3) групи (а) (після інтегрування по x) приймуть вигляд:

$$\tau_{xz} = \frac{\partial \varphi}{\partial y} - \frac{P z^2}{J} + f(y); \frac{\partial \varphi}{\partial x} = -\tau_{xy}, \quad (7)$$

де $f(y)$ – функція, яка залежить від y і повинна бути визначена із початкових умов.

Підставляючи (7) у рівняння сумісності (г) виходить:

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{\partial^2 \varphi}{\partial z^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} \right) &= 0; \\ \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\partial^2 \varphi}{\partial z^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} \right) &= \frac{P}{(1+\nu)J} - \frac{d^2 f}{dy^2}. \end{aligned} \quad (8)$$

або

$$\begin{aligned} \frac{\partial^3 \varphi}{\partial z^3} + \frac{\partial^3 \varphi}{\partial z \partial y^2} &= 0; \\ \frac{\partial^3 \varphi}{\partial y \partial z^2} + \frac{\partial^3 \varphi}{\partial y^3} &= \frac{P}{(1+\nu)J} - \frac{d^2 f}{dy^2}. \end{aligned}$$

Інтегруючи останнє із (8) по y виходить:

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial z^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} = \frac{Py}{(1+\nu)J} - \frac{df}{dy} + c, \quad (9)$$

де c – постійна інтегрування, яка може бути отримана з аналізу обертання елементарної площадки в площині поперечного перерізу прутка, тобто в площині YOZ .

Обертання навколо осі OX визначиться залежністю:

$$w_x = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial w}{\partial y} - \frac{\partial v}{\partial z} \right).$$

Похідна від кута повороту в напрямку осі прутка x можна записати у вигляді:

$$\frac{\partial w_x}{\partial x} = \frac{1}{2} \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial w}{\partial y} - \frac{\partial v}{\partial z} \right) = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} - \frac{\partial^2 v}{\partial x \partial z} \right).$$

Якщо додати до двох складових останнього виразу $\frac{\partial^2 u}{\partial y \partial z}$, тоді:

$$\frac{\partial(2w_x)}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\partial w}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial z} \right) - \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y} \right) = \frac{\partial \gamma_{xz}}{\partial y} - \frac{\partial \gamma_{xy}}{\partial z}.$$

Використовуючи закон Гука для деформацій зсуву $\gamma_{ij} = \frac{1}{G} \tau_{ij}$, можна записати функцію обертання в наступному вигляді:

$$\frac{\partial}{\partial x}(2w_x) = \frac{1}{G} \left(\frac{\partial \tau_{xz}}{\partial y} - \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial z} \right),$$

а, враховуючи рівняння (7), із урахуванням того, що $-\frac{\partial \tau_{xy}}{\partial z} = \frac{\partial^2 \varphi}{\partial z^2}$

можна отримати: $\frac{\partial \tau_{xz}}{\partial y} = \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} + \frac{\partial f}{\partial y}$, тоді

$$\frac{\partial}{\partial x}(2w_x) = \frac{1}{G} \left(\frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} + \frac{\partial f(y)}{\partial y} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial z^2} \right)$$

або $G \frac{\partial}{\partial x}(2w_x) - \frac{\partial f}{\partial y} = \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial z^2}$.

Після підстановки останнього виразу в (9), виходить:

$$G \frac{\partial}{\partial x}(2w_x) = \frac{P}{(1+\nu)J} + c. \quad (10)$$

Якщо z – вісь симетрії поперечного перерізу прутка, який згинається під дією сили P , то поле обертання w_x елементів поперечного перерізу відповідає від'ємній кривизні, при цьому середнє значення для всього поперечного перерізу дорівнює нулю.

Тоді середнє значення $\frac{\partial w_x}{\partial x}$ також має дорівнювати нулю. У цьому випадку постійна інтегрування c в рівності (10) також повинна дорівнювати нулю.

При $c = 0$, рівняння (9) прийме вигляд:

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial z^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} = \frac{P y}{(1 + \nu) J} - \frac{\partial f}{\partial y}. \quad (11)$$

Підставляючи (7) в граничні умови (в) можна знайти $\tau_{xy} \frac{\partial z}{\partial s} - \tau_{xz} \frac{\partial y}{\partial s} = 0$:

$$\frac{\partial \varphi}{\partial s} = \left(\frac{P z^2}{2J} - f(y) \right) \left(\frac{dy}{ds} \right). \quad (12)$$

Якщо задати функцію $f(y)$, то із рівняння (11) можна визначити значення φ вздовж контуру поперечного перерізу. У разі круглого поперечного перерізу, що відповідає перетину стебла, рівняння контуру буде мати вигляд:

$$y^2 + z^2 = r^2, \quad (13)$$

де r – радіус перетину прутка.

Права частина рівняння (12) буде дорівнювати нулю, якщо прийняти, що $f(y) = \frac{P}{2J}(r^2 - y^2)$. Підставляючи цей вираз в (11), можна отримати для функції φ наступний вираз:

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial z^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} = \frac{P y}{(1 + \nu) J} - \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{P}{2J} (r^2 - y^2) \right) = \frac{P y}{(1 + \nu) J} + \frac{P y}{J} = \frac{(2 + \nu) P y}{(1 + \nu) J}, \quad (14)$$

для якого на контурі прутка $\varphi = 0$.

Таким чином, функція напруги визначається поперечним навантаженням, інтенсивність якого пропорційна $\frac{(2 + \nu) P y}{(1 + \nu) J}$.

Рівняння (14) і граничні умови (13) задовольняються в тому випадку, якщо $\varphi = m(z^2 + y^2 - r^2)y$. (15)

При цьому $m = \frac{2 + \nu P}{8(1 + \nu)I}$, тоді рівняння (15) прийме вигляд:

$$\varphi = \frac{(2 + \nu)P}{8(1 + \nu)J} (z^2 + y^2 - r^2)y.$$

Таким чином, визначена невідома потенційна функція φ . При відомій функції φ за допомогою рівняння (7) визначаються невідомі компоненти дотичних напружень:

$$\begin{aligned} \tau_{xz} &= \frac{P(-y^2(-2 + \nu) + r^2(2 + 3\nu) - z^2(2 + 3\nu))}{8J(1 + \nu)}; \\ \tau_{xy} &= \frac{Pyz(2 + \nu)}{4J(1 + \nu)}; \sigma_x = \frac{-P(h - x)z}{J}. \end{aligned} \quad (16)$$

Графічно залежності (16) проілюстровані на рис. 2.

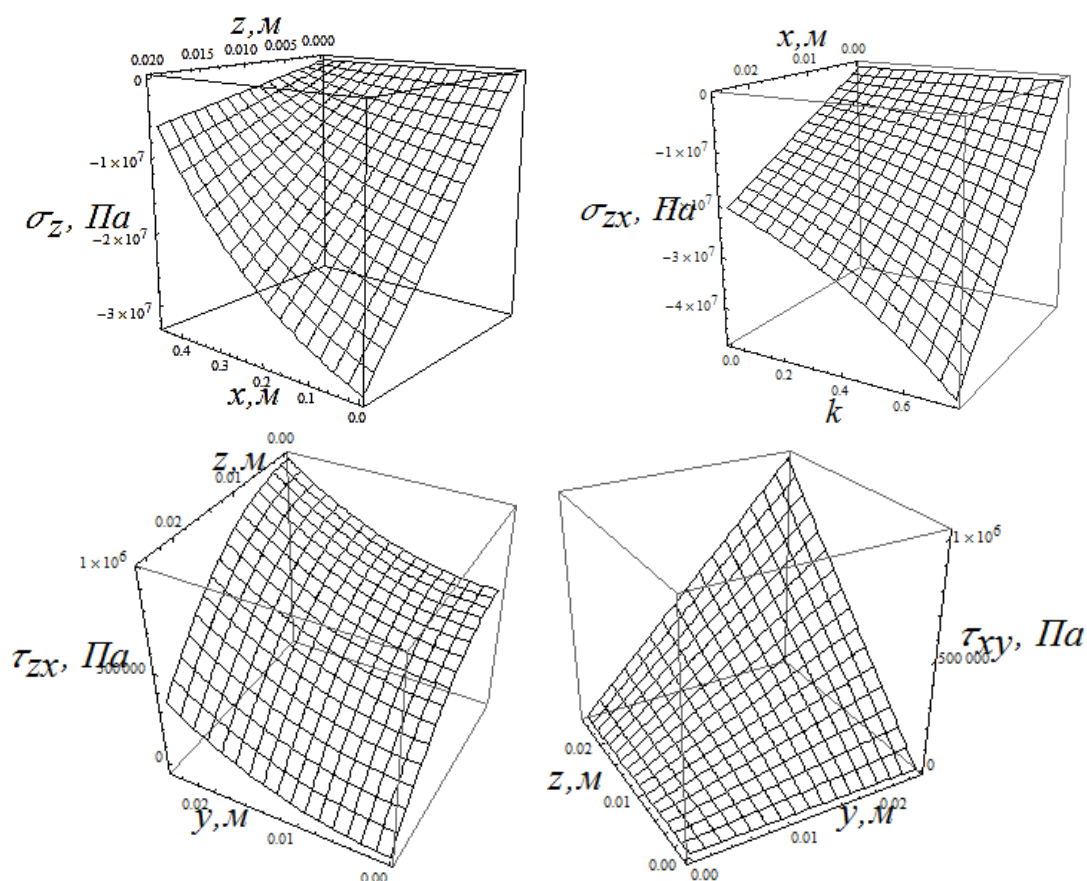


Рис. 2. Графіки залежностей (16) при змінному діаметрі прутка.

При відомих значеннях компонента напружень знайти переміщення не складає труднощів. Для знаходження переміщень можна використовувати геометричні рівняння Коші:

$$\begin{aligned}\varepsilon_x &= \frac{\partial u}{\partial x}; \varepsilon_y = \frac{\partial v}{\partial y}; \varepsilon_z = \frac{\partial w}{\partial z}; \gamma_{xy} = \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x}; \\ \gamma_{xz} &= \frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial x}; \gamma_{yz} = \frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y}.\end{aligned}\quad (17)$$

Для знаходження переміщень, в напрямку дії сили, тобто в напрямку осі OZ , можна використовувати п'яте рівняння із (17) у вигляді: $\frac{\partial w}{\partial x} = \gamma_{xz} - \frac{\partial u}{\partial z}$. Враховуючи те, що $u = \int \varepsilon_x dx = \varepsilon_x x + c$, де

постійна інтегрування $c = 0$, можна записати $\frac{\partial w}{\partial x} = \gamma_{xz} - \frac{\partial(\varepsilon_x x)}{\partial z}$.

Далі, скориставшись законом Гука, при відомих компонентах напружень: $\varepsilon_x = \frac{1}{E} \sigma_x$; $\gamma_{xy} = \frac{\tau_{xy}}{G}$; $G = \frac{E}{2(1+\nu)}$, з урахуванням (16),

шляхом інтегрування $\frac{\partial w}{\partial x}$ по x , визначається функція переміщення:

$$w = \frac{h P x^2}{2 E J} - \frac{P x^3}{3 E J} + \frac{P x (-y^2 (-2 + \nu) + r^2 (2 + 3\nu) - z^2 (2 + 3\nu))}{2 G \pi r^4 (1 + \nu)} + C. \quad (17)$$

Вираз (18) записано для випадку, коли момент інерції перерізу стержня J не залежить від координати x . Для випадку змінного діаметра стрижня, тобто при $J \rightarrow \frac{\pi r^4}{4}$, де $r = r_0 (1 - k x)$ (r_0 – половина діаметра прутка в початковому перерізі, тобто точці зароблення; k – коефіцієнт зміни перерізу прутка), вираз для переміщення прийме вигляд:

$$w = P \left[\frac{2E(2 - 6kx + 6k^2 x^2 + h(k - 3k^2 x))}{3E^2 k^3 \pi r_0^4 (-1 + kx)^3} + \frac{E k^2 (y^2 (-2 + \nu) - 3r_0^2 (-1 + kx)^2 (2 + 3\nu) + z^2 (2 + 3\nu))}{3E^2 k^3 \pi r_0^4 (-1 + kx)^3} \right] + C. \quad (18)$$

Постійні інтегрування в залежностях (18) і (19) визначаються з початкових умов, а саме: $w|_{x=0} = 0$. У першому випадку постійного поперечного перерізу постійна інтегрування $C = 0$ і вираз залишається незмінним (18).

У випадку, коли поперечний переріз змінний, постійна інтегрування $C \neq 0$ і вираз (19) набуває кінцевого вигляду:

$$w = \frac{1}{3E \pi r_0^4 (-1 + kx)^3} P \times$$

$$\times x(-6(y-z)(y+z) + 2x(2x + (-3 + kx)(h + k(-y^2 + z^2)))) + . \quad (19)$$

$$+ (3 + kx(-3 + kx))(y^2 + 3z^2)\nu - 3r_0^2(-1 + kx)^2(2 + 3\nu))$$

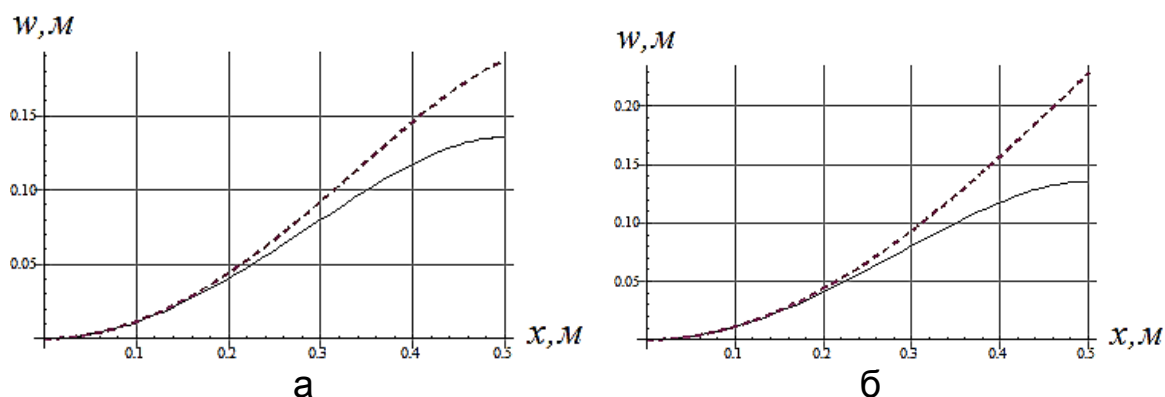


Рис. 3. а) суцільна лінія – змінний діаметр прутка, пунктирна – постійний діаметр, б) суцільна лінія – залежність (20), пунктирна – по залежності прийнятій в опорі матеріалів.

Висновки

Отримана залежність (20) дозволяє визначити силу, яку необхідно прикласти для отримання певного прогину або напруженого стану в перетинах прутка змінного перерізу з певними пружними постійними.

Отримані залежності для компонентів напружень і переміщень прутка круглого перетину змінної жорсткості мають суттєві відмінності від результатів, які можуть бути отримані методами опору матеріалів та методами великих прогинів тонких прутків. При цьому жоден з перерахованих методів не дає можливості визначити розподіл напружень довільному перерізу прутка.

Отримані рішення можуть бути використані при вирішенні завдань пов'язаних з експлуатацією, що полягає в проектуванні робочих органів сільськогосподарських, лісгосподарських та інших машин.

Список літератури

1. Писаренко Г.С. Сопротивление материалов / Г.С. Писаренко. – К.: Высшая школа, 1973. – 672 с.
2. Попов Е.П. Теория и расчет упругих стержнем / Е.П. Попов. – М.: Наука, 1986. – 296 с.
3. Самуль В.И. Основы теории упругости и пластичности / В.И. Самуль. – М.: Высшая школа, 1982. – 264 с.
4. Лурье А.И. Теория упругости / А.И. Лурье. – М.: Наука, 1970. – 940 с.

Изложены результаты исследований определения линии прогиба прутка и распределения напряжений в произвольном сечении прутка. Полученные нами результаты могут быть использованы при решении задач связанных с эксплуатацией, заключающийся в проектировании рабочих органов сельскохозяйственных, лесохозяйственных и других машин.

Сгиб стержня, деформация, линия прогиба, распределения напряжений.

The results of research line identification rod deflection and stress distribution in any section of rod. Our results can be used in solving problems related to operation that is working in design of agricultural, forestry and other machinery.

Rod bending, deformation, line deflection, stress distribution.

УДК 631.331

РЕЗУЛЬТАТИ ЛАБОРАТОРНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ З ВИСІВУ НАСІННЯ, ЩО ЗАБЕЗПЕЧУЄ СТАБІЛІЗАЦІЮ ВОДНО-ПОВІТРЯНОГО РЕЖИМУ В КОРЕНЕВОМУ ШАРІ ҐРУНТУ

***В.О. Дубровін, доктор технічних наук
Національний університет біоресурсів
і природокористування України***

***М.С. Шведик, кандидат технічних наук
Луцький національний технічний університет***

У статті наведено методику висіву насіння зернових колосових культур, який забезпечує стабілізацію водно-повітряного режиму в кореновому шарі та результати спостережень за проростанням насіння у ящиках з свіжо розпушеним ґрунтом і ущільненим його поверхневим шаром та прорізними щілинами по центру кожного рядка, а також розвитком паростків після їх виходу на денну поверхню.

Ящик, піддон, ґрунт, лінія, насіння, брусок, ущільнення, поверхневий шар, щілина.

Постановка проблеми. Вода і повітря є основними компонентами ґрунту і вони відіграють важливу роль в його утворенні та формуванні родючості [1]. Регулювання водного

© В.О. Дубровін, М.С. Шведик, 2014

Изложены результаты исследований определения линии прогиба прутка и распределения напряжений в произвольном сечении прутка. Полученные нами результаты могут быть использованы при решении задач связанных с эксплуатацией, заключающийся в проектировании рабочих органов сельскохозяйственных, лесохозяйственных и других машин.

Сгиб стержня, деформация, линия прогиба, распределения напряжений.

The results of research line identification rod deflection and stress distribution in any section of rod. Our results can be used in solving problems related to operation that is working in design of agricultural, forestry and other machinery.

Rod bending, deformation, line deflection, stress distribution.

УДК 631.331

РЕЗУЛЬТАТИ ЛАБОРАТОРНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ З ВИСІВУ НАСІННЯ, ЩО ЗАБЕЗПЕЧУЄ СТАБІЛІЗАЦІЮ ВОДНО-ПОВІТРЯНОГО РЕЖИМУ В КОРЕНЕВОМУ ШАРІ ҐРУНТУ

***В.О. Дубровін, доктор технічних наук
Національний університет біоресурсів
і природокористування України***

***М.С. Шведик, кандидат технічних наук
Луцький національний технічний університет***

У статті наведено методику висіву насіння зернових колосових культур, який забезпечує стабілізацію водно-повітряного режиму в кореновому шарі та результати спостережень за проростанням насіння у ящиках з свіжо розпушеним ґрунтом і ущільненим його поверхневим шаром та прорізними щілинами по центру кожного рядка, а також розвитком паростків після їх виходу на денну поверхню.

Ящик, піддон, ґрунт, лінія, насіння, брусок, ущільнення, поверхневий шар, щілина.

Постановка проблеми. Вода і повітря є основними компонентами ґрунту і вони відіграють важливу роль в його утворенні та формуванні родючості [1]. Регулювання водного

© В.О. Дубровін, М.С. Шведик, 2014

режиму найчастіше є найбільш важливим прийомом підвищення продуктивності сільськогосподарських угідь. Встановлено, що на торфових і дерново-опідзолених ґрунтах Полісся запаси продуктивної вологи в кореновому шарі ґрунту (0...50 см) протягом року змінюються в широкому діапазоні і на кінець літа в більшості випадків майже повністю вичерпуються [2].

Особливо гостро нестача води відчувається в період сівби під час засухи і суховіїв [3]. Через нестачу вологи верхній шар ґрунту пересихає на глибину загортання насіння, в наслідок чого воно не набирає достатньої кількості вологи для набубнявіння і відповідно настання біохімічних процесів. Як наслідок частина насіння не набирає достатньої сили для дружнього проростання, а та частина насіння, що все таки набубнявіла і дала проростки, гине ще в ґрунті від перегрівання так і не з'явившись на денній поверхні. А тому виникає необхідність в розробці нової технології висіву насіння, яка забезпечить постійну подачу води піднятої по капілярах в поверхневий шар до зони насінневого ложа та з мінімальним її випаровування через поверхню міжрядь.

Аналіз останніх досліджень. Аналіз літературних джерел приурочених питанням динаміки ґрунтових вод та вологості ґрунтів [1-9] показує, що вони є достатньо вивчені. Однак в них не вказано ефективних шляхів, що забезпечують постійну подачу води піднятої по капілярах в поверхневий шар до зони насінневого ложа з мінімальним її випаровування через поверхню міжрядь. Авторами статті в працях [10-12] ці питання розглядались і в них запропоновано новий спосіб висіву насіння зі стабілізацією водно-повітряного режиму в кореновому шарі ґрунту на період протікання фази, що починається з проростання насіння і закінчується початком кушіння. Такий агротехнічний прийом можна реалізувати за схемою двохярусного [11] висіву насіння зернових колосових культур і туків в свіжозораний ґрунт з стабілізацією водно-повітряного режиму в кореновому шарі [10, 12], який наведеною на рис. 1.

З схеми видно, що під час переміщення посівного агрегату по поверхні свіжозораного поля його робочі органи ущільнюють ґрунт окремими рядками 2 шляхом вдавлювання до утворення щілин в яких спочатку висівають туки 3, а потім насіння 6. При цьому ґрунт в міжряддях 1 не обробляють, а залишають в розпушеному стані. Найбільш виразно запропонований спосіб сівби відрізняється від відомих тим, що поверхневий шар ґрунту ущільнюють окремими смугами шириною кратною, наприклад, 3...5 рядкам на глибину 2...3 см, а по центру кожного рядка 2 прорізають щілину 7 глибиною меншою, наприклад, на 10 мм від глибини загортання насіння і шириною не більше 5мм. Таким чином над міжряддями утворюється

поверхнева щільна кірка 9, яка перешкоджає інтенсивному випаровуванню води з поверхні поля і відповідно створює більш сприятливі умови для зволоження тільки тої частини об'єму ґрунту, в якому з насіння зернових культур проростають паростки, розвивається їх коренева система до моменту виходу на денну поверхню та мінімального притоку вологи до міжрядь, в яких знаходиться насіння бур'янів. При цьому завдяки прорізаний в поверхневій кірці по центру кожного рядка щілині забезпечується постійний підйом-опускання повітря, внаслідок чого відбувається аерація (насичення повітрям) ґрунту, що знаходиться у рядках, та виведення з нього вуглекислого газу в період від фази проростання насіння до фази кушіння.

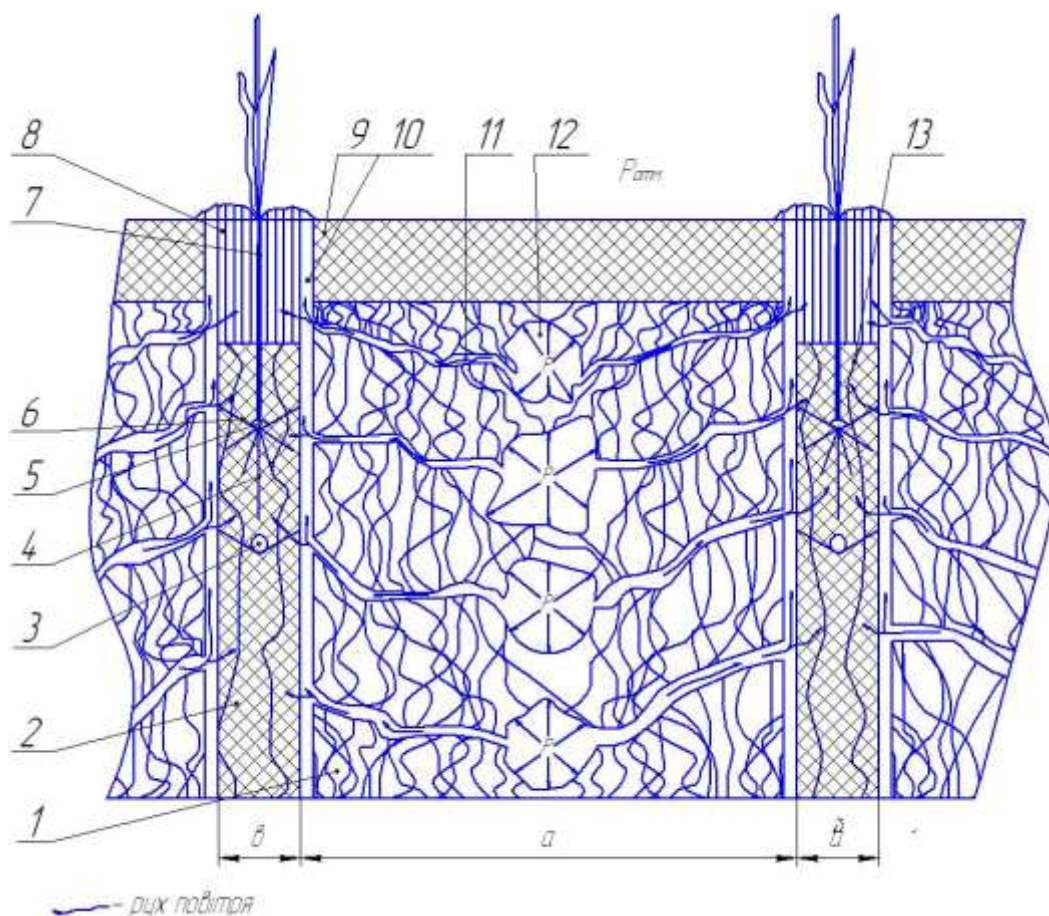


Рис. 1. Схема стабілізації водно-повітряного режиму в кореновому шарі: 1 – міжряддя; 2 – рядок; 3 – гранула добрива; 4 – первинні корені; 5 – насінина; 6 – насіннєве ложе; 7 – стебло; 8 – розпушений ґрунт; 9 – поверхнева кірка; 10 – вертикальна тріщина; 11 – бічні тріщини; 12 – пори; 13 – капілярна система.

Однак такий механізм стабілізації водно-повітряного режиму в кореновому шарі розглянуто лише на теоретичному рівні. Відсутність експериментальних даних, які б підтверджували або спростовували

його ефективність, стримує розробку робочих органів для його реалізації. Пересвідчитись у ефективності нового способу сівби можна шляхом постановки лабораторного досліду з висівом насіння в розпушений ґрунт в ящику, що імітує свіжозоране поле.

Метою досліджень є проведення спостережень за проростанням насіння зернових колосових культур і розвитком паростків на денній поверхні свіжо розпушеного ґрунту з ущільненим його поверхневим шаром та прорізаною щілиною по центру кожного рядка, на основі чого отримати достовірні результати, що доводять або спростовують переваги нового способу сівби.

Результати досліджень. Лабораторні досліди проводили з висівом насіння зернових колосових культур в ящиках без дна, що мають основу з внутрішнім розміром 250×100мм і висотою 200 мм та бічні скляні стінки. Ящики встановлювались на піддоні і заповнювали ґрунтом. З метою забезпечення «чистоти досліду» ящик заповнювали ґрунтом (попередньо подрібненим і просіяним крізь решето з продовгуватими отворами) з утворенням шару 150 мм.

До закладання досліду спочатку визначали енергію проростання зернових культур. Для цього відбирали тринадцять зразків насіння тих зернових культур, які найбільш широко культивуються в господарствах Волинської області, зокрема: три сорти озимої пшениці Либідь, Поліська 90 і «Артеміда», один зразок ярої пшениці Миронівська, два сорти ячменю Гелос і Карат, два сорти озимого жита Ірина і Синтек 38, два сорти озимого тритикале Раритет і Ратне, один сорт ярого тритикале Згурівське та два сорти вівса Деснянський і Закат. З цих зразків відбирали по десять насінин і пророщували їх в лотку на зволожену фільтрувальному папері, рис. 2.



Рис. 2. Пророщування насіння з відібраних зразків зернових культур.

Результати спостережень показали, що з зазначених культур на десятий день найвищу 100% схожість мали озима пшениця Либідь і озиме тритикале Раритет та 90% ячмінь Гелос і 80% озиме жито Синтек 38. Ці культури були прийняті за посівний матеріал для дослідів. Висів насіння проводили наступним чином.

На відстані 45 мм від краю дерев'яної стінки ящика на поверхні ґрунту проводили лінію перпендикулярну до скляної стінки ящика, потім на відстані 80мм від неї проводили другу лінію, і на такій же відстані третю. На цих лініях з інтервалом 10 мм розкладали по 10 насінин. Загальний вигляд ящиків з розкладеним насінням на поверхні ґрунту, наведено на рис. 3.



Рис. 3. Загальний вигляд ящиків з розкладеним насінням на поверхні ґрунту.

Висіяне в ящиках насіння обережно засипали шаром ґрунту рівним 60 мм, що відповідає глибині його загортання в польових умовах, а на його поверхню вкладали дерев'яний брусок перерізом 95×245 мм з ручкою за допомогою якої брусок вдавлювали в ґрунт, поки він не осів на 30 мм. Після цього брусок обережно виймали і по центру лівого та правого рядка прорізали вертикальну щілину глибиною 20 мм і шириною 5 мм, а в піддон заливали воду, доводячи її рівень до 5 мм. В середньому рядку такої щілини не прорізали і приймали його за стандарт, оскільки висіяне в ньому насіння імітувало насіння бур'янів у міжряддях.

Початок проростання насіння в прорізаних щілинах по центру двох крайніх рядків, наведено на рис. 4. Дослідження проводили за проростанням насіння у двох крайніх рядках з прорізаними щілинами та в одному рядку без щілини розміщеному між ними, тобто в

міжрядді. Оскільки ящики не мають дна, то зволоження ґрунту відбувається поступово від його нижніх шарів до верхніх.



Рис. 4. Початок проростання насіння в щілинах прорізаних по центру двох крайніх рядків.

При цьому інтенсивне зволоження нижнього шару ґрунту відбулося протягом перших двох годин і за цей час волога піднялась на 30 мм. Однак, подальший процес зволоження ґрунту протікає не рівномірно. Так, зволоження ґрунту по всій товщині шару спочатку відбулось в рядках з прорізаними щілинами, а в рядку без щілини він зволожився тільки через три доби. Адекватно процесу зволоження відбувався і процес проростання насіння. Загальний вигляд ящиків з пророслим насінням наведено на рис. 5.



Рис. 5. Загальний вигляд ящиків з пророслим насінням: 1 – пшениця Либідь; 2 – озиме тритикале Раритет; 3 – ячмінь Гелос; 4 – жито Синтек 38.

Аналіз результатів спостереження показав, що в усіх чотирьох варіантах першими вийшли на денну поверхню паростки з насіння висіяного в рядки з прорізними щілинами, а в рядках без щілини вони з'явилися на три дні пізніше. При цьому першим проросло насіння ячменю. Після цього одночасно з'явилися сходи з насіння тритикале і жита, а через день і з насіння пшениці. В цілому схожість насіння висіяного в рядки з прорізними щілинами у ячменю становила 100%, у тритикале 90%, у жита 80%, а у пшениці тільки 70%. Однак загальний розвиток рослин і їх ріст після виходу на денну поверхню відрізнявся за інтенсивністю. Так найбільш інтенсивно розвивався ячмінь. Його стебла виявились товстими, міцними, мали соковито-зелений колір, в той час як у тритикале вони були тонкими, а у пшениці навіть ослабленими. При цьому і висота стебел була різною. Так в рядках з прорізними щілинами висота стебел на 12 день після висіву у тритикале була найвищою і становила 17 см, у жита 15 см, в ячменю 12 см, у пшениці 9 см, а в рядках без прорізів вона була в три рази меншою. Найвищою вона була у ячменю і становила 5 см, у пшениці і тритикале 4 см, а у жита тільки 3 см. На нашу думку основною причиною відставання у рості пшениці і розвитку стебел тритикале є негативний вплив супіщаного ґрунту, в якому висівалось насіння дослідних культур. З отриманих результатів досліджень видно, що негативного впливу ґрунту на розвиток стебел не зазнав тільки ячмінь.

Таким чином, на основі аналізу результатів досліджень можна зробити **висновок**, що висів насіння зернових колосових культур у свіжозораний ґрунт з ущільненням його поверхневим шаром та прорізаною щілиною по центру кожного рядка, є цілком реальним і ефективним агротехнічним прийомом.

Список літератури

1. *Гречкосій В.Д.* Комплексна механізація виробництва зерна / *В.Д. Гречкосій, Д.М. Алімов, В.І. Кифоренко, П.М. Чайка* ; за ред. *В.Д. Гречкосія*. – К.: Урожай, 1991. – 216 с.
2. *Клименко Н.А.* Эволюция плодородия гидроморфных почв Полесья УССР под влиянием комплексных мелиораций. Диссерт... докт. с.-х. наук / *Н.А. Клименко*. – Ровно, 1989. – 481 с.
3. *Сазонов В.И.* Сельскохозяйственное опытное дело в растениеводстве и его методика / *В.И. Сазонов*. – М.: Сельхозиздат, 1962. – 112с.
5. *Роде А.А.* Основы учения о почвенной влаге / *А.А. Роде* // Т. 1. Водные свойства почв и передвижение почвенной влаги. – Ленинград: Гидрометеорологическое изд., 1965. – 664 с.
6. *Иовенко Н.Г.* Водно-физические свойства и водный режим почв УССР / *Н.Г. Иовенко*. – Ленинград: Гидрометеорологическое изд., 1960. – 352 с.

7. Ворона Л.И. Запасы продуктивной влаги в дерново-подзолистой супесчаной почве при различных приемах обработки / Л.И. Ворона // Агрохімія і ґрунтознавство. – 1978. – № 35. – С. 74–75.
8. Рамазанов Р.Я. Изменение водно-физических свойств карбонатных черноземов в зависимости от обработки почвы / Р.Я. Рамазанов // Почвоведение. – 1977. – № 5. – С. 73–83.
9. Marcilonek S. Zmienność zapasów wody w glebie w okresie wegetacji / S. Marcilonek // Zesz. probl. post. nauk. rol. – 1978. – № 205. – Р. 103–114.
10. Шведик М.С. Агротехнічні передумови до стабілізації водно-повітряного режиму в кореновому шарі ґрунту / М.С. Шведик // Сільськогосподарські машини. – Луцьк, 2009. – Вип. 18. – С. 520–525.
11. Патент на корисну модель № 72233 А01С 7/00. Шведик М.С. Дворярусний спосіб висіву насіння та внесення добрив. Заявл. 10.08.2012; опубл. 10.08.2012. Бюл. № 15.
12. Патент на корисну модель № 72236 А01С 7/00. Шведик М.С. Спосіб сівби зі стабілізацією водно-повітряного режиму в кореновому шарі. Заявл. 10.08.2012; опубл. 10.08.2012. Бюл. № 15.

В статье наведено методику высеву семян зерновых колосовых культур, который обеспечивает стабилизацию водно-воздушного режима в корневом слое, а также результаты наблюдений за произрастанием семян в ящиках со свежо разрыхленной почвой, уплотненным поверхностным слоем и прорезанными щелями по центре каждого ряда, а также развитием ростков после их выхода на дневную поверхность.

Ящик, поддон, почва, линия, семена, брусок, уплотнение, поверхностный слой, щель.

Methods over of sowing of seed of ear grain-crops, which provides stabilizing of aquatic-air mode in root layer and results of watching germination of seed in boxes with freshly loosening soil and make more compact him by superficial layer and cut cracks on center of every line are brought in paper, and also by development of sprouts after their output on daily surface.

Box, pallet, soil, line, seed, bar, compression, superficial layer, crack.

РОЗВ'ЯЗАННЯ ОСНОВНОЇ МАТРИЦІ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ НАДІЙНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ СКЛАДНОЇ ТЕХНІЧНОЇ СИСТЕМИ «ЛЮДИНА - МАШИНА»

А.В. Новицький, кандидат технічних наук

Одержана модель для визначення ймовірності безвідмовної роботи системи для умови підвищення професійного та психофізіологічного рівня оператора. Отримано аналітичні залежності для визначення ймовірності безвідмовної роботи системи.

Надійність, система, модель, машина, людина - оператор, граф станів.

Постановка проблеми. При математичному описі поведінки складних технічних систем «людина - машина» (далі – СТС «ЛМ») застосовуються стохастичні диференціальні рівняння [1, 2]. Об'єднання вказаних рівнянь у відповідні системи в перетвореннях дають матриці, розв'язання яких є основою для встановлення критеріїв надійності СТС «ЛМ», якими є сільськогосподарські машини, обладнання та машини для тваринництва.

Аналіз останніх досліджень. У представлений раніше статті [3] показано, що для дослідження надійності СТС «ЛМ» при умові «старіння» складової «машина» та розвитку складової «людина - оператор», система набуває наступного вигляду:

$$\begin{cases} S\varphi_0(S) + S\varphi'_0(t) + S\varphi''_0(t) + S\varphi_1(S) + S\varphi'_1(t) = 1; \\ -\lambda'_0 P_0(S) + (S + \lambda'_1)\varphi'_0(S) = 0; \\ -h\lambda''_0\varphi_0(S) + (S + \lambda''_1)\varphi_1(S) = 0; \\ (S + \mu)\varphi_1(S) - \lambda'_1\varphi'_0(S) - \lambda''_1\varphi''_0(S) - \lambda_2\varphi'_1(S) = 0; \\ (S + \lambda_2)\varphi'_1(S) - t\lambda''_0\varphi_0(S) = 0. \end{cases} \quad (1)$$

Для отриманої системи (1) сформуємо детермінант, який представляє собою коефіцієнт при невідомих у вигляді матриці:

$$\Delta = \begin{vmatrix} S & S & S & S & S \\ -\lambda'_0 & (S + \lambda'_1) & 0 & 0 & 0 \\ -h\lambda''_0 & 0 & 0 & (S + \lambda''_1) & 0 \\ 0 & -\lambda'_1 & -\lambda''_1 & (S + \mu) & -\lambda_2 \\ -t\lambda''_0 & 0 & 0 & 0 & (S + \lambda_2) \end{vmatrix} \begin{vmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{vmatrix}. \quad (2)$$

© А.В. Новицький, 2014

Як видно з (2), детермінант представляє собою квадратну матрицю п'ятого порядку. Для вирішення матриці і знаходження невідомих $\varphi_i(S)$ можна використати метод Гаусса:

$$\varphi_0(S) = \frac{\Delta_0}{\Delta}; \varphi'_0(S) = \frac{\Delta'_0}{\Delta}; \varphi''_0(S) = \frac{\Delta''_0}{\Delta}, \varphi_1(S) = \frac{\Delta_1}{\Delta}, \varphi'_1(S) = \frac{\Delta'_1}{\Delta}. \quad (3)$$

де Δ – рішення визначника (2); Δ_0 – рішення визначника для невідомої $\varphi_0(S)$; Δ'_0 – рішення визначника для невідомої $\varphi'_0(S)$; Δ''_0 – рішення визначника для невідомої $\varphi''_0(S)$; Δ_1 – рішення визначника для невідомої $\varphi_1(S)$; Δ'_1 – рішення визначника для невідомої $\varphi'_1(S)$.

Мета досліджень – отримання рішення основної матриці моделі надійності функціонування СТС «ЛМ» при умові розвитку складової «людина - оператор».

Результати досліджень. Виходячи з викладеного, для розрахунку ймовірності будь-якого із станів, що становлять інтерес у дослідженні, необхідно розв'язати основну матрицю Δ . Методика розв'язку матриці включає кілька етапів. Розглянемо перший етап розв'язку

1.1а. Визначимо множник, як $\frac{-\lambda'_0}{1} = -\lambda'_0$.

1.1б. Помножимо перший рядок матриці (1) на отриманий множник. Після перемноження отримаємо:

$$[-\lambda'_0]; [-\lambda'_0]; [-\lambda'_0]; [-\lambda'_0]; [-\lambda'_0]; [-\lambda'_0].$$

1.1в. Вирахуємо від другого рядка матриці (2) рядок, який отримано в п.1.1б:

$$[(-\lambda'_0 - (-\lambda'_0))]; [(S + \lambda'_1 - (-\lambda'_0))]; [(0 - (-\lambda'_0))]; [(0 - (-\lambda'_0))]; [(0 - (-\lambda'_0))]; [(0 - (-\lambda'_0))].$$

Після виконання дій можемо записати:

$$[0]; [(S + \lambda'_1 + \lambda'_0)]; [\lambda'_0]; [\lambda'_0]; [\lambda'_0]; [\lambda'_0].$$

Отриманий рядок задає друге рівняння нової перетвореної системи рівнянь в наступному вигляді:

$$0 + (S + \lambda'_1 + \lambda'_0)P'_0 + \lambda'_0 P''_0 + \lambda'_0 P_1 + \lambda'_0 P''_1 = \lambda'_0. \quad (4)$$

Другий крок перетворень початкової матриці Δ (2) проводимо для першого і третього рядків аналогічно 1.1а – 1.1в.

1.2а. Визначимо множник $\frac{-h\lambda'_0}{1} = -h\lambda'_0$.

1.2б. Помножимо першу строчку матриці (2) на отриманий множник:

$$[-h\lambda'_0]; [-h\lambda'_0]; [-h\lambda'_0]; [-h\lambda'_0]; [-h\lambda'_0]; [-h\lambda'_0].$$

1.2в. Вирахуємо від третього рядка матриці (2) ряд, який отримано в пункті 1.2б. Виходячи з цього, можемо записати:

$$\begin{bmatrix} (-h\lambda_0'') - (-h\lambda_0'') \\ [0 - (-h\lambda_0'')] \\ [0 - (-h\lambda_0'')] \\ [(S + \lambda_1'') - h\lambda_0''] \\ [0 - (-h\lambda_0'')] \\ [0 - (-h\lambda_0'')] \end{bmatrix}$$

Після спрощення запишемо:

$$\begin{bmatrix} 0 \\ [h\lambda_0''] \\ [h\lambda_0''] \\ [(S + \lambda_1'' + h\lambda_0'')] \\ [h\lambda_0''] \\ [h\lambda_0''] \end{bmatrix}$$

Звідси, можемо записати третє рівняння нової перетвореної системи в наступному вигляді:

$$0 + h\lambda_0''P_0' + h\lambda_0''P_0'' + (S + \lambda_1'' + h\lambda_0'')P_1 + h\lambda_0''P_1'' = h\lambda_0''. \quad (5)$$

Третій крок перетворень початкової матриці Δ (2) є повторення попередніх дій, але для першого і четвертого рядків.

1.3а. Визначимо множник: $\frac{0}{1} = 0$.

1.3б. Помножимо перший рядок матриці (2) на знайдений множник:

$$\begin{bmatrix} 0 \\ [0] \\ [0] \\ [0] \\ [0] \\ [0] \end{bmatrix}$$

1.3в. Вирахуємо від четвертого рядка матриці (2) рядок, який отримано в пункті 1.3б:

$$\begin{bmatrix} 0 \\ [-\lambda_1' - 0] \\ [-\lambda_1'' - 0] \\ [(S + \mu) - 0] \\ [-\lambda_2] \\ [0] \end{bmatrix}$$

Після спрощення отриманих значень, можемо записати:

$$\begin{bmatrix} 0 \\ [-\lambda_1'] \\ [-\lambda_1''] \\ [(S + \mu)] \\ [-\lambda_2] \\ [0] \end{bmatrix}$$

Запишемо рядок коефіцієнтів, який задає четверте рівняння нової перетвореної системи:

$$0 - \lambda_1'P_0' - \lambda_1''P_0'' + (S + \mu)P_1 - \lambda_2P_1'' = 0. \quad (6)$$

Четвертий крок перетворень початкової матриці Δ також є повторенням початкових дій, але по відношенню до першого і п'ятого рядків.

1.4а. Визначимо множник для представлених рядків:

$$\frac{-t\lambda_0''}{1} = -t\lambda_0''.$$

1.4б. Також помножимо першу строчку матриці (2) на отриманий множник:

$$\begin{bmatrix} [-t\lambda_0''] \\ [-t\lambda_0''] \\ [-t\lambda_0''] \\ [-t\lambda_0''] \\ [-t\lambda_0''] \\ [-t\lambda_0''] \end{bmatrix}$$

1.4в. Вирахуємо від п'ятого рядка матриці (2) рядок, який отримаємо в пункті 1.4б:

$$\begin{bmatrix} (-t\lambda_0'') - (-t\lambda_0'') \\ [0 - (-t\lambda_0'')] \\ [0 - (-t\lambda_0'')] \\ [0 - (-t\lambda_0'')] \\ [(S + \lambda_2) - (-t\lambda_0'')] \\ [0 - (-t\lambda_0'')] \end{bmatrix}$$

Використовуючи отриману стрічку коефіцієнтів, запишемо п'ять рівняння для нової перетвореної системи:

$$0 + t\lambda_0''P_0' + t\lambda_0''P_0'' + t\lambda_0''P_1 + (S + \lambda_2 + t\lambda_0'')P_1'' = t\lambda_0''. \quad (7)$$

Враховуючи, що перше рівняння в новій системі зберігається, як і в матриці (2), а наступні рівняння визначаються отриманими залежностями (4) – (7), можемо записати нову перетворену систему. Отримана нова система рівнозначна по вирішенню:

$$\begin{cases} P_0 + P_0' + P_0'' + P_1 + P_1'' = 1; \\ 0 + (S + \lambda_1' + \lambda_0')P_0' + \lambda_0'P_0'' + \lambda_0'P_1 + \lambda_0'P_1'' = \lambda_0'; \\ 0 + h\lambda_0''P_0' + h\lambda_0''P_0'' + (S + \lambda_1'' + h\lambda_0'')P_1 + h\lambda_0''P_1'' = h\lambda_0''; \\ 0 - \lambda_1'P_0' - \lambda_1''P_0'' + (S + \mu)P_1 - \lambda_2P_1'' = 0; \\ 0 + t\lambda_0''P_0' + t\lambda_0''P_0'' + t\lambda_0''P_1 + (S + \lambda_2 + t\lambda_0'')P_1'' = t\lambda_0''. \end{cases} \quad (8)$$

Для вирішення отриманої приведенної системи (8) також можемо використати метод Гаусса. Для другого етапу розрахунків із системи (8) отримаємо розширену матрицю Δ' :

$$\begin{array}{ccccc|c} a'_{11} = 1 & a'_{12} = 1 & a'_{13} = 1 & a'_{14} = 1 & a'_{15} = 1 & b'_1 = 1, \\ a'_{21} = 0 & a'_{22} = (S + \lambda_1' + \lambda_0') & a'_{23} = \lambda_0' & a'_{24} = \lambda_0' & a'_{25} = \lambda_0' & b'_2 = \lambda_0', \\ a'_{31} = 0 & a'_{32} = h\lambda_0'' & a'_{33} = h\lambda_0'' & a'_{34} = (S + \lambda_1'' + h\lambda_0'') & a'_{35} = h\lambda_0'' & b'_3 = h\lambda_0'', \\ a'_{41} = 0 & a'_{42} = -\lambda_1' & a'_{43} = -\lambda_1'' & a'_{44} = (S + \mu) & a'_{45} = -\lambda_2 & b'_4 = 0, \\ a'_{51} = 0 & a'_{52} = t\lambda_0'' & a'_{53} = t\lambda_0'' & a'_{54} = t\lambda_0'' & a'_{55} = (S + \lambda_2 + t\lambda_0'') & b'_5 = t\lambda_0'' \end{array} \quad (9)$$

По аналогії, проведемо перетворення для другого і третього етапів розрахунків матриці (2). Після перетворень отримаємо ймовірності перебування системи в одному із станів:

$$P_1 = \frac{b_4'''a_{55}'''}{a_{44}'''a_{55}''' - a_{45}'''a_{54}'''} \quad (10)$$

$$P_1'' = -\frac{b_4'''a_{54}'''}{a_{44}'''a_{55}''' - a_{45}'''a_{54}'''} \quad (11)$$

$$P_0'' = \frac{h\lambda_0(S + \lambda_1') - a_{34}'''(\frac{b_4'''a_{55}'''}{a_{44}'''a_{55}''' - a_{45}'''a_{54}'''}) + a_{35}'''(\frac{b_4'''a_{54}'''}{a_{44}'''a_{55}''' - a_{45}'''a_{54}'''})}{h\lambda_0''(S + \lambda_1')} \quad (12)$$

$$\begin{aligned} P_0' &= \lambda_0' - \\ &- \lambda_0' \frac{h\lambda_0(S + \lambda_1') - a_{34}'''(\frac{b_4'''a_{55}'''}{a_{44}'''a_{55}''' - a_{45}'''a_{54}'''}) + a_{35}'''(\frac{b_4'''a_{54}'''}{a_{44}'''a_{55}''' - a_{45}'''a_{54}'''})}{h\lambda_0''(S + \lambda_1')} + \\ &+ \lambda_0' \frac{b_4'''a_{55}'''}{a_{44}'''a_{55}''' - a_{45}'''a_{54}'''} - \lambda_0' \frac{b_4'''a_{54}'''}{a_{44}'''a_{55}''' - a_{45}'''a_{54}'''} \Big/ (S + \lambda_1' + \lambda_0'). \end{aligned} \quad (13)$$

На основі отриманих аналітичних залежностей (10) – (13) та встановлення ймовірностей перебування системи в станах P'_0 , P''_0 , P_1 , P''_1 , ймовірність P_0 буде становити:

$$P_0 = 1 - (P'_0 + P''_0 + P_1 + P''_1). \quad (14)$$

Висновок. Для спрощення аналізу отриманих аналітичних залежностей (10) – (13) та можливості практичного використання для оцінки надійності СТС «ЛМ», можемо накласти умову, що $\mu \gg \lambda$. Виходячи з накладеної умови, в отриманих формулах (10) – (13), які є результатом аналітичних досліджень забезпечення надійності СТС «ЛМ» при зниженні їх технічного рівня («старінні» машини) і підвищенні професійно-технологічного рівня людини-оператора, можна без втрат достовірності теоретичних результатів знехтувати величинами інтенсивностей відмов λ_i другого і вищих ступенів. Подальші перетворення та встановлення визначника Δ основної матриці можна провести, якщо повернутись до визначення коефіцієнтів a_i та b_i .

Список літератури

1. Бронштейн И.Н. Справочник по математике / И.Н. Бронштейн, К.А. Семендяев. – М.: Наука, 1981. – 720 с.
2. Ушаков И.А. Курс теории надежности систем / И.А. Ушаков. – М.: Дрофа, 2008. – 239 с.
3. Новицкий А.В. Исследование надёжности системы «человек-машина» при условии развития составляющей «человек-оператор» / А.В. Новицкий, К.Н. Думенко // Motrol, motoryzacja i energetyka rolnictwa motorization and power industry in agriculture. – Lublin, 2014. – Vol. 16, № 2. – P. 117–121.

Получена модель для определения вероятности безотказной работы системы для условия повышения профессионального и психофизиологического уровня оператора. Получены аналитические зависимости для определения вероятности безотказной работы системы.

Надежность, система, модель, машина, человек – оператор, граф состояний.

The model for determining the probability of failure-free operation of system for provision of professional development and psycho-physiological levels of operator. The analytical dependence for determination of probability of failure of system.

Reliability, system, model, machine, man – operator, graph states.

ДОСЛІДЖЕННЯ ГЛИБИНИ ЗАРОБКИ РОСЛИННИХ ЗАЛИШКІВ ДВОХ'ЯРУСНИМИ ПЛУГАМИ

***В.О. Дубровін, С.С. Тищенко, доктори технічних наук
А.І. Мороз, інженер***

Наведені результати порівнювальних досліджень двоярусних плугів по глибині загортання рослинних решток. Доведено, що двоярусні плуги, які мають на верхньому ярусі напівгвинтові полиці загортають рослинні рештки на більшу глибину.

Плуг, полиця, заробка, рослинні рештки, глибина.

Постановка проблеми. При використанні сидеральних культур в якості органічних добрива важливим чинником є їх закладення на таку глибину, коли вони, при подальших обробках, не витягуються на поверхню, що сприяє їх розкладанню і збільшенню живильних речовин в ґрунті. Окрім цього, глибока оранка позитивно впливає на збільшення запасів вологи в ґрунті. Таким чином, глибока оранка є важливим агротехнічним прийомом.

Аналіз останніх досліджень. Глибока оранка виконується двох'ярусними плугами. Існуючі двох'ярусні плуги оснащені культурними корпуси верхнього і нижнього ярусів. Поверхні полиці цих корпусів виконані по класичній методиці [2], заснованій на побудові поверхні циліндроїда. Розроблені в даний час геометричні моделі [1], дозволяють розширити можливості проектування, спираючись на геометричні методи. Проте, існуючі методики проектування, засновані на геометричному підході, не враховують таких важливих чинників як, наприклад, фізико-механічні властивості ґрунту. Крім цього застосування існуючих методик не дозволяє проектувати полиці плугів з добре розвиненими крилами, що необхідно для глибокого заорювання рослинних залишків.

Метою є дослідження глибини заорювання рослинних рештків двох'ярусними плугами з культурними і напівгвинтовими корпусами верхнього ярусу.

Результати досліджень. Корпуси двох'ярусного плуга переміщують шари ґрунту, при цьому верхній шар ґрунту скидається корпусами верхнього ярусу на місце нижнього, який займає місце верхнього. Глибина заробки рослинних рештків в цьому випадку визначається тим, наскільки розвинене крило полиці. Розвинене крило мають полиці корпусів плугів напівгвинтового типу.

Для дослідження глибини заробки рослинних решток були розроблені напівгвинтові полиці, корпусів верхнього ярусу двохярусного плугу.

Поверхня напівгвинтового корпусу спроектована на основі моделі лінійчатої поверхні [3], яка дозволяє моделювати поверхні, кривина яких відмінна від нуля.

Поверхня утворюється рухом в просторі прямої лінії, на параметри положення якої накладаються певні умови, зокрема коефіцієнт кривини, який є аналогом Гауссової кривини поверхні. Наявність коефіцієнта кривини дозволяє варіювати положенням твірних, отримуючи поверхні необхідної форми.

Напрямна крива поверхні заснована на прямій експоненціальній функції коефіцієнта защемлення [4], яка має наступний вигляд в диференціальній формі

$$\frac{dK_{зи}}{d\varphi} = w K_{зи},$$

де $K_{зи}$ – поточне значення коефіцієнта защемлення, відн. од.; φ – полярний кут, рад.; w – параметр, що визначає швидкість зміни защемлення ґрунту поверхнею відвала, відн. од.

В інтегральній формі залежність коефіцієнта затискання матиме наступний вигляд:

$$K_{зи} = K_0 e^{w\varphi},$$

де K_0 – початковий коефіцієнт затискання, відн. од.

Початковий коефіцієнт защемлення визначається по формулі:

$$K_0 = \frac{1}{f_2} \sqrt{\frac{1 - \cos(45^\circ + \alpha_p + \varphi_1)}{1 + \cos(45^\circ + \alpha_p + \varphi_1)}},$$

де α_p – кут установки лемеша до дна борозни, град; φ_1 – кут зовнішнього тертя ґрунту, град; f_2 – коефіцієнт внутрішнього тертя ґрунту, відн. од.

Заснована на прямій експоненціальній функції коефіцієнта защемлення направляюча крива в полярній системі координат матиме наступне рівняння:

$$r = \frac{d}{2f_2 K_0 e^{w\varphi}},$$

де d – середній розмір ґрунтових грудок, мм.

Дослідження глибини заробки рослинних решток проводилися при роботі ярусного плуга ПНЯ-4-40, який мав культурні корпуси нижнього ярусу. У свою чергу на верхній ярус встановлювалися культурні і напівгвинтові корпуси. Загальний вид корпусів представлений на рис. 1.

Дослідження двох'ярусних плугів проводилися в умовах, типових для основної обробки ґрунту Дніпропетровського регіону, а саме: агрофон – стерня озимої пшениці, кількість рослинних рештків 385 г/м^2 , тип ґрунту – чорнозем, рельєф рівний, мікрорельєф – вирівняний. Вологість і твердість ґрунту приведені в табл. 1.

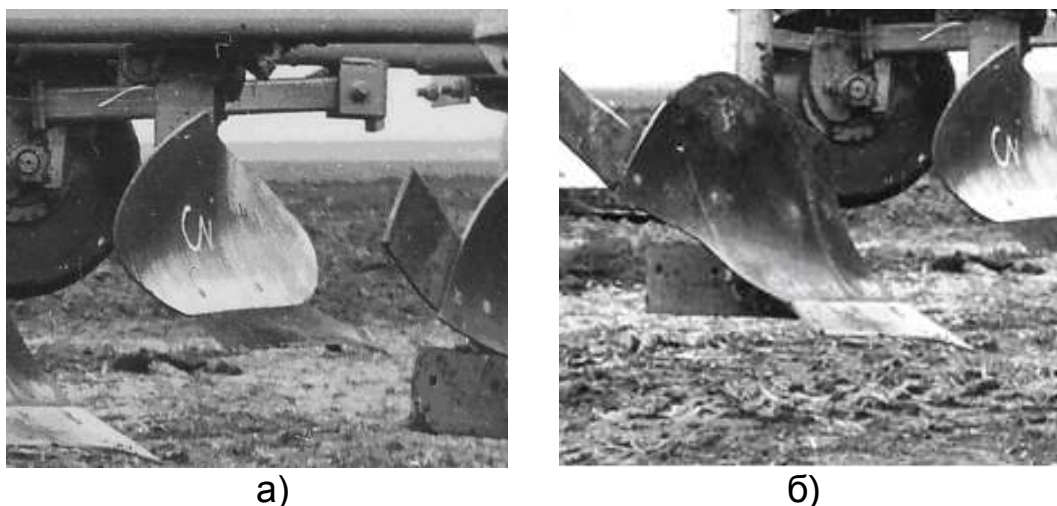


Рис. 1. Корпуси двох'ярусного плуга ПНЯ-4-40: а) напівгвинтовий корпус верхнього ярусу; б) культурний корпус нижнього ярусу.

1. Вологість і твердість ґрунту при дослідженні роботи двох'ярусних плугів.

Шар ґрунту, см	Вологість, %	Твердість, Н/см ²
0 – 10	17,3	5,3
10 – 20	17,7	5,2
20 – 30	18,3	5,1
Середнє значення показника	17,76	5,2

Креслення поверхні напівгвинтового корпусу, який встановлювався на верхній ярус ярусного плуга ПНЯ-4-40, представлене на рис. 2. Напівгвинтовий корпус був виконаний ромбічним і мав наступні параметри: кут установки леміша до дна борозни $\alpha_p = 25^\circ$; кут установки леміша до стінки борозни $\gamma_0 = 45^\circ$; ширина захоплення $b = 400 \text{ мм}$; глибина пласта $a = 220 - 300 \text{ мм}$; висота точки опуклості направляючої кривої $h = 315 \text{ мм}$; виліт направляючої кривої $l = 170 \text{ мм}$; значення характерних точок функції кута нахилу горизонтальної проекції твірної до стінки борозни $\gamma_0 = 45^\circ, \gamma_{\min} = 43^\circ, \gamma_m = 65^\circ$; початкове значення коефіцієнта защемлення $K_{зц0} = 2,4$; коефіцієнт кривини поверхні $\lambda_k = 0,2$; кут нахилу польового обріза полиці $\delta = 45^\circ$.

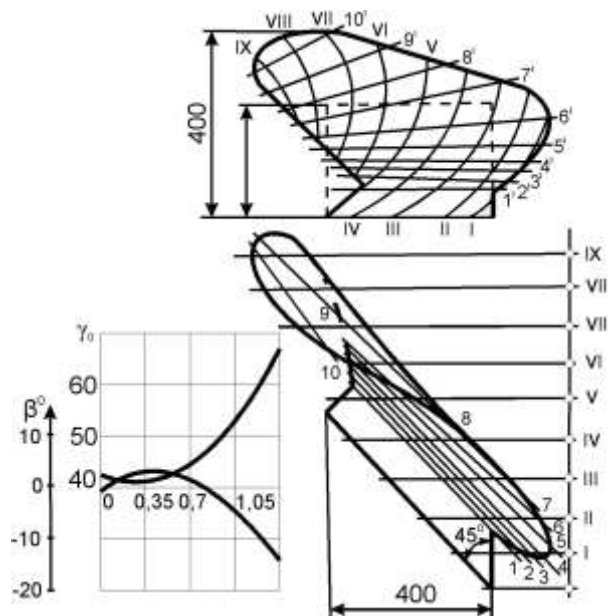


Рис. 2. Поверхня напівгвинтового корпусу верхнього ярусу двох'ярусного плуга ПНЯ-4-40.

Дослідження глибини заробки рослинних рештків проводилися при швидкості руху агрегату Т-150К+ПНЯ-4-40 на швидкості 2,5 і 3,0 м/с. На рис. 3 представлений поперечний розріз поля після проходження плуга ПНЯ-4-40.

Дослідження показали, що зміна швидкості руху плугу в межах 2,5-3,0 м/с не робить істотного впливу на глибину заробки рослинних рештків незалежно від типу корпусу, встановленого на верхньому ярусі.

У свою чергу глибина заробки рослинних рештків залежала від типу корпусу встановленого на верхньому ярусі плуга. Так, глибина заробки рослинних рештків складала з напівгвинтовими корпусами 15,9 см, а з культурними корпусами верхнього ярусу – 14,6 см.



Рис. 3. Поперечний переріз поля після проходження плуга ПНЯ-4-40С напівгвинтовими корпусами верхнього ярусу.

Збільшення глибини заробки рослинних рештків напівгвинтовими корпусами пов'язане з тим, що напівгвинтові корпуси мають велику кривину, внаслідок чого ґрунт рухається впорядковано по усталеним траєкторіям без перемішування шарів між собою. Культурні корпуси мають меншу кривину, що не забезпечує сталих траєкторій руху ґрунту, шари ґрунту перемішуються між собою і з рослинними залишками.

Вплив ромбічної форми напівгвинтової полиці на глибину заробки рослинних рештків не відчувався.

Висновок. Напівгвинтові корпуси, спроектовані на основі прямої експоненціальної залежності коефіцієнта зашемлення зароблюють рослинні рештки на глибину 15,9 см, на 10,9 % більше, ніж культурні.

Список літератури

1. *Войтюк Д.Г.* Конструювання лінійчатої поверхні за розрахунковою траєкторією руху матеріальної частинки по ній / *Д.Г. Войтюк, С.Ф. Пилипака* // Науковий вісник НАУ. – К., 2002. – Вип. 49. – С. 68–74.
2. *Щучкин Н.В.* Методика проектирования цилиндрических отвалов / *Н.В. Щучкин* // Теорія, конструкція і виробництво сільськогосподарських машин. – М.: Сельхозгиз, 1963. – С. 303–343.
3. *Тищенко С.С.* Проектування культурного корпусу плуга на основі узагальненої геометричної моделі адаптивної поверхні / *С.С. Тищенко* // Праці Таврійської державної агротехнічної академії. – Мелітополь, 2003. – Вип. 10. – С. 123–128.
4. *Тищенко С.С.* Проектирование направляющих кривых поверхностей почвообрабатывающих рабочих органов с заданной кривизной / *С.С. Тищенко* // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування. – К., 2010. – Вип. 144. – Ч. 3. – С. 243–252.

Приведены результаты сравнительных исследований двухъярусных плугов по глубине заделки растительных остатков. Доказано, что двухъярусные плуги с полувинтовыми корпусами верхнего яруса заделывают растительные остатки на большую глубину.

Плуг, отвал, заделка, растительные остатки, глубина.

The results of comparative studies dvohyarusnyh plow depth incorporation of crop residues. It is proved that plows with bunk semidigger bodies upper tier plant remains are buried at a greater depth.

Plow, plow, sealing, crop residues, depth.

МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ НАДІЙНОСТІ ВИКОНАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИСІВУ ПНЕВМОМЕХАНІЧНИМ ВИСІВНИМ АПАРАТОМ З ДУБЛЮЮЧИМ ДОЗАТОРОМ

***О.О. Банний, кандидат технічних наук
П.С. Попик, інженер****

В статті представлена методика проведення досліджень пневмомеханічного висівного апарата з резервним дозатором для виявлення основних показників надійності роботи запропонованого висівного апарата.

Пневмомеханічний висівний апарат, установка, точний посів, насіння, дозування.

Постановка проблеми. В процесі розробки експериментальної установки для дослідження роботи пневмомеханічного апарата вона потребує відповідати умовам роботи пневмомеханічного апарата. Для проведення досліджень розробляється індивідуальна методика проведення досліджень як лабораторних так і польових.

Аналіз останніх досліджень. Експериментальні дослідження по виявленню основних закономірностей і встановлення параметрів надійності виконання технологічного процесу дозування насінин проводяться на лабораторній установці НТС-2, [1]. Підготовка установки до проведення досліджень полягає насамперед у виборі змінних параметрів і інтервалів їх відхилень для визначення впливу на точність і надійність виконання процесу дозування насінин. Такими змінними параметрами у дослідженні виступають швидкість переміщення захоплюючої комірки відносно маси зернин у завантажувальній камері $V = 0,1 \dots 0,5 \text{ м/с}$, ступень розрідження у вакуумній камері $P = 3 \dots 6 \text{ кПа}$ і самі насінини технічних культур з притаманними для них, особливостями геометричних форм і параметрів: соя, горох, кукурудза, соняшник та буряк.

Результати досліджень. В дозуючому диску використовуються присмоктуючі комірки розповсюджені конічної форми з кутом $\angle = 90^\circ \pm 20^\circ$, глибиною конуса 1,5 мм і прохідним отвором $\varnothing 4 \text{ мм}$.

Для проведення дослідження завантажувальна камера 5 (рис. 1) заповнюється насінням тієї культури, з якою проводиться

***Науковий керівник – доктор технічних наук А.І. Бойко**

© О.О. Банний, П.С. Попик, 2014

дослід. Після цього вмикається привід дозуючого диска і вибираються ті його оберти, які відповідають необхідній лінійній швидкості переміщення присмоктуючої комірки. Швидкість обертання об/хв дозуючого диска знаходяться згідно формули:

$$n = \frac{30 \cdot V}{\pi \cdot R}, \quad (1)$$

де V – задана лінійна швидкість комірки, [м/с];

R – радіус розташування присмоктуючих комірок, м.

Швидкість обертання n встановлюється і контролюється за допомогою датчика 10 і частотоміра 11 прямим виміром кількості обертів за одиницю часу.

Після приведення в обертний рух висівного диска 3 створюється розрідження у вакуумній камері. Для цього вмикається пилосмок, і рівень необхідного розрідження регулюється регулятором 9. Контроль за розрідженням у вакуумній камері 1 здійснюється рідинним вакуумметром 8. Установка виводиться в усталений режим роботи. При необхідності уточнюється обертова швидкість висівного диска.

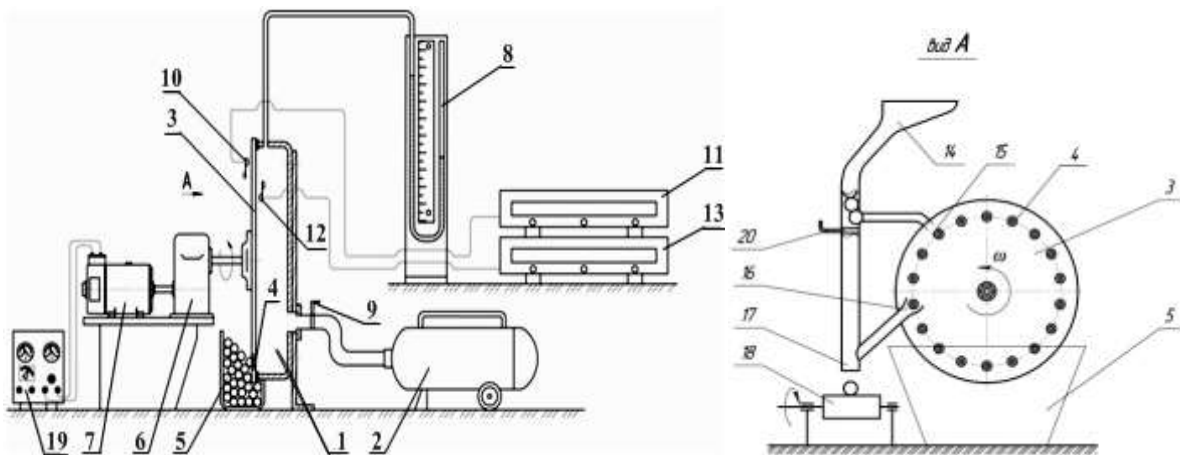


Рис. 1. Схема експериментальної установки НТС-2 для дослідження точності висіву: 1 – вакуумна камера; 2 – пилосмок; 3 – висівний диск; 4 – присмоктуюча комірка; 5 – завантажувальна камера; 6 – редуктор приводу висівного диска; 7 – електродвигун; 8 – вакууметр; 9 – регулятор розрідження; 10 – датчик обертів; 11 – частотомір виміру швидкості обертання диска; 12 – датчик пропуску насіння; 13 – частотомір рахування пропусків; 14 – резервний дозатор; 15 – датчик спрацювання резервного дозатора; 16 – уловлювач; 17 – суматор направляч; 18 – транспортер; 19 – блок управління привода; 20 – вимикач резервного дозатора.

Даний режим роботи установки відповідає по своїй сутності роботі серійного пневмомеханічного висівного апарата. Підключення резервного дозатора 14 полягає у його завантаженні насінинами тієї

ж культури, що завантажена в основний дозатор установки. Для цього з самого початку завантажуються декілька насінин, перша з яких закриває комірку трубки пневматичного датчика 15. Далі резервний дозатор доповнюється до повного заповнення. Уточнюються основні параметри установки $V_i P$. Частотоміри контролю обертів висівного диска 11 і пропуску насінин 13 переводяться в режим рахування кількості подаючих імпульсів. Включається транспортер з липкою стрічкою 18 і фіксується час початку експерименту.

Тривалість досліду краще визначати по кількості обертів висівного диска N_d . Достатня кількість обертів диска для отримання стійкого результату оцінки надійності виконання технологічного процесу апаратом визначається попередньою серією дослідів. При цьому основним показником роботи апарата є ймовірність його відмов у вигляді пропусків (незаповнень присмоктуючих комірок). Для оцінки апарата як серійного (без застосування дублюючого дозатора) достатньо підрахувати ймовірність пропусків згідно формули:

$$\xi_{nc} = \frac{n_{\pi}}{N_d \cdot z}, \quad (2)$$

де n_{π} – кількість пропусків; z – кількість комірок на диску.

При відключеному додатковому дублюючому дозаторі 14 за допомогою вимикача 20 результати роботи пневмомеханічного апарата відображаються у вигляді реально висіяних насінин на липкій стрічці транспортера 18. По пропускам вони дублюють результати автоматичних вимірювань і підрахувань згідно формули (2), але по наявності і по кількості двійників дають нову додаткову інформацію про якість виконання посіву. Кількісно відмови висівного апарата по двійникам оцінюються ймовірністю їх появи.

В експериментальному дослідженні ймовірність появи двійників підрахована слідуючим чином. На заліковій ділянці транспортера 18 довжиною L підраховується загальна кількість місць, де повинні знаходитися висіяні насінини $n_{\text{вис}}$. З них виділяються місця з кількості насінин, що перебільшують одну $n_{\text{дв}}$. Тоді ймовірність утворення двійників дорівнює

$$\xi_{\text{дв}}^* = \frac{n_{\text{дв}}}{n_{\text{вис}}}. \quad (3)$$

Так як $n_{\text{вис}} = N_d \cdot z$, то підставляючи в (3), маємо

$$\xi_{\text{дв}}^* = \frac{n_{\text{дв}}}{N_d \cdot z}. \quad (4)$$

Отримані залежності (2) і (3) використовуються для кількісної оцінки якості виконання технологічного процесу висіву пневмомеханічного апаратом.

Методично таким же чином оцінюється надійність виконання процесу дозування насіння висівним апаратом при включеному додатковому дозаторі.

Для проведення дослідження роботи висівного апарата з додатковим резервним дозатором останній вводиться в дію вимикачем 20. При цьому автоматично в разі пропусків дозуючого диска вакансія комірки основного дозатора компенсується насінною, що подається з резервного дозатора.

Результати якості висіву оцінюються по рівномірності потоку висіяних насінин, розташованих на липкій стрічці транспортера 18. Кількісно ймовірності пропусків і двійників підраховуються згідно формул (1) і (4).

Ефективність компенсуючої дії дублюючого дозатора може бути оцінена порівнянням ймовірностей пропусків і двійників в рівних умовах експерименту як для серійного, так і для експериментального висівного апарата.

Доцільно ефективність підвищення якості виконання посіву оцінювати відносними величинами у порівнянні з серійним висівним апаратом. Для цього вводиться коефіцієнт пропусків і коефіцієнт двійників. Коефіцієнт пропусків представляє собою відношення:

$$K_{\Pi} = \frac{\xi_{\Pi \text{ екс}}}{\xi_{\Pi \text{ сер}}}, \quad (5)$$

де $\xi_{\Pi \text{ екс}}$ – ймовірність пропусків експериментального висівного апарата з дублюючим дозатором ;

$\xi_{\Pi \text{ сер}}$ – ймовірність пропусків серійного висівного апарата.

Чим менше значення коефіцієнту пропусків, тим краща компенсуюча дія резервного дозатора. При $K_{\Pi} = 1$ його дія фактично відсутня. Аналогічно вводиться коефіцієнт двійників, який дорівнює відношенню:

$$K_{\text{дв}} = \frac{\xi_{\text{дв екс}}}{\xi_{\text{дв сер}}}, \quad (6)$$

де $\xi_{\text{дв екс}}$ – ймовірність двійників експериментального висівного апарата з дублюючим дозатором;

$\xi_{\text{дв сер}}$ – ймовірність двійників серійного висівного апарата.

Меншому значенню коефіцієнта двійників відповідає краща робота висівного апарата з більш високою точністю дозування.

Результати визначених параметрів дослідження при варіаціях по швидкості V і розрідженню P для насіння просапних культур (соя, горох, кукурудза, соняшник та інші) зводяться у відповідні таблиці, на підставі яких будуються графічні залежності.

Проведення експериментальних польових досліджень посівної секції обладнаної додатковим дублюючим дозатором потребує її доопрацювань.

Доопрацювання передбачають введення в конструкцію висівного апарата додаткового дозатора. Зважаючи на існуючу конструкцію пневмомеханічного апарата сівалки СУПН–8, де дозуючим елементом є висівний диск з комірками у вигляді отворів необхідного діаметра і форми, доцільно до цього основного дозатора ввести додатковий (дублюючий) у вигляді другої доріжки з таким ж комірками (рис. 2,а).



Рис. 2. Дублюючий дозатор у вигляді додаткової другої доріжки на висівному диска (а) і відповідно зміненого профілю ущільнюючої прокладки (б).

Введення другої присмоктуючої доріжки комірок додаткового дозатора привело до необхідності змін форми і об'єму вакуумної камери. Крім того, для синхронізації роботи основного і додаткового дозаторів зміщені фази скидання насінин на деякий кут η (рис. 2,б) шляхом надання профілю камери відповідної форми.

Таким чином, фази і синхронізація роботи додаткового дозатора організуються шляхом заданням необхідного профілю ущільнюючої прокладки, де відключення вакууму здійснюється в необхідний момент часу для направлення насінини на місце пропущеної основним дозатором.

Команди на спрацювання дублюючого дозатора поступають від датчика, виконаного у вигляді трубки, в якій періодично відключається вакуум, коли положення датчика співпадає з положенням незаповненої комірки (рис. 3,а).

Для недопущення фіктивних спрацювань висівного апарата, що може привести до виникнення додаткових двійників в перепускнй магістраль змін розрідження між основним і додатковим дозатором вмонтований спеціальний клапан односторонньої дії (рис. 3,б) у вигляді сферичної кулі, що при переміщені регулює потоки повітря.

Елементами системи додаткового дозування стали також корпус висівного апарата в якому введено додатковий прорізний отвір повернення зайвих (невикористаних насінин) з дублюючого дозатора (рис. 4,а). Розділенню потоків повернення невикористаних насінин у завантажувальну камеру і необхідних для заповнення

пропусків сприяє спеціально встановлений додатковий лоток (рис. 4,б). Загальний вигляд доопрацьованої посівної секції з резервним дублюючим дозатором представлено на рис. 5.



Рис. 3. Датчик команди скидання насінин при пропусках в роботі основного дозатора: а – датчик команди; б – перепускний клапан.

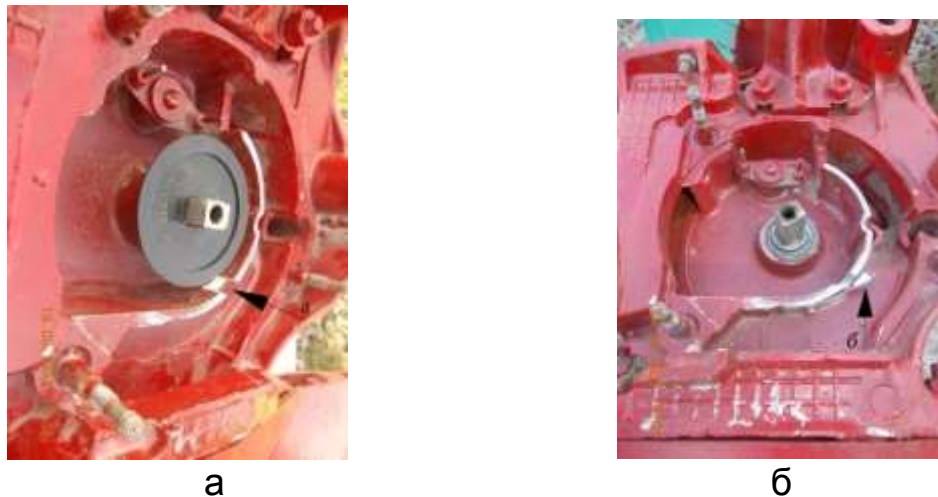


Рис. 4. Елементи доопрацювань корпуса висівного апарата СУПН-8 для встановлення додаткового дозатора: а – прорізний отвір повернення насінин у завантажувальну камеру; б – додатковий забірний лоток.



Рис. 5. Загальний вигляд дослідної посівної секції.

Запропонована конструкція висівного апарата з резервним дозатором захищена Патентом України №71576 від 25.07.2012р. бюл. №14. ПАТ «Червона зірка» (м. Кіровоград) видано акт до впровадження удосконаленого пневмомеханічного висівного апарата з резервним дозатором.

Польові дослідження проводяться при виконанні посівних робіт в реальних умовах експлуатації сівалки СУПН-8. Для цього на сівалці одна з штатних посівних секцій замінюється на експериментальну спеціально підготовлену до проведення досліджень. Така заміна надає можливість порівняльної оцінки роботи серійної і експериментальної посівної секції в ідентичних умовах експлуатації. Посів проводиться на заздалегідь підготовленому полі. Посівний агрегат складається з трактора МТЗ-80 і сівалки СУПН-8. Робоча швидкість агрегату вибирається виходячи з агровиимог до посіву в межах 5...8 км/год. Глибина заробки насінин встановлюється на рівні 40...120 мм.

Якість виконання технологічного процесу посіву оцінюється по точності висіву уздовж рядка. За показники якості приймаються показники надійності з урахуванням можливих пропусків і наявності двійників при подачі насінин до борозни.

Експериментальні дослідження проводяться згідно існуючих стандартів оцінки якості виконання посіву [3, 5]. При цьому застосовується метод контролю відстані між насінинами в рядку. Після проведення посіву відстані між насінинами вимірюються з точністю до 5мм, а дані замірів заносяться в спеціальні таблиці для подальшої статистичної обробки. Математична обробка результатів вимірів виконується згідно рекомендацій робіт [2, 4] з використанням обчислювальної техніки. Основними статистичними характеристиками, що визначаються, є:

1. Середнє значення інтервалів між насінинами

$$\bar{l} = \frac{\sum_{i=1}^n l_i}{n}, \quad (7)$$

де l_i – величина інтервалів між сусідніми насінинами;

n – кількість інтервалів, $n = N - 1 - n_{\text{пр}} + n_{\text{дв}}$

N – кількість висіяних насінин;

$n_{\text{пр}}$ – кількість пропусків;

$n_{\text{дв}}$ – кількість двійників.

2. Середньоквадратичне відхилення

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (l_i - \bar{l})^2}{n}}. \quad (8)$$

3. Коефіцієнт варіації

$$V = \frac{\sigma}{\bar{l}}. \quad (9)$$

4. Похибка середньоарифметичного значення довжини інтервалу

$$m = \pm \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (10)$$

5. Точність проведення експерименту

$$\chi = \frac{m}{\bar{l}} \quad (11)$$

6. Частота (ймовірність) пропусків (відмов 1^{го} роду)

$$\xi_{\text{пр}}^* = \frac{n_{\text{пр}}}{n}, \quad (12)$$

7. Частота (ймовірність) двійників (відмов 2^{го} роду)

$$\xi_{\text{дв}}^* = \frac{n_{\text{дв}}}{n}, \quad (13)$$

Обчислення статистичної інформації виконується за допомогою пакетів прикладних програм Statistica, StatGraphics Plus 3.0, MathCad 2000 Professional.

Висновки

Аналіз отриманих результатів показує, що для всіх висіяних культур введення додаткового дозатора привело до підвищення якості висіву при зменшенні пропусків. Особливо це позначилося на висіву кукурудзи, гороху і сої. В меншій ступені вираш надійності виконання технологічного процесу проявився для насіння соняшника і буряка. Для них він складає декілька (4...6) відсотків. Отримане зниження пропусків до 27% для кукурудзи і до 18% для гороху і сої вказує на позитивний вплив додаткового дозатора у підвищення точності висіву, а значить і подальшу врожайність культур.

Встановлення додаткового дозатора практично не вплинуло на утворення двійників. Зміна стосується окремих відсотків, що не несуть суттєвого результату для практики підвищення точності сівби.

В умовах рядової експлуатації на висівному апараті, обладнаному скидачем зайвих насінин, виявлено незначний вплив додаткового дозатора на утворення двійників. Показник вирашу надійності по утворенню двійників для всіх культур знаходиться на рівні одиниці ($G_{\xi_{\text{пр}}} \approx 1$). Це вказує на необхідність збереження в конструкції скидача і доцільності його регулювання в напрямку деякого зменшення двійників, при одночасному забезпеченні компенсації можливого збільшення пропусків дозатором.

Список літератури

1. Банний О.О. Експериментальна установка для проведення лабораторних досліджень точності виконання процесу дозування насіння / О.О. Банний, П.С. Попик // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – К., 2014. – Вип. 196, ч. 2. – С. 227–232.
2. Мармоза А.Т. Практикум по математической статистике / А.Т. Мармоза. – К.: Вища школа, 1990. – 336 с.
3. Машины посевные. Программа и методика испытания. ОСТ 70.5.1-74. – М.: 1975. – 156 с.

4. Омельченко В.П. Практические занятия по высшей математике / В.П. Омельченко, Э.В. Курбатова. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2006. – 350 с.
5. Испытания сельскохозяйственной техники. Машины посевные. Программа и методика испытаний. ОСТ 70.5.1-82. – М.: Техника, 1982. – 159 с.

В статье представлена методика проведения исследований пневмомеханического высевного аппарата с резервным дозатором для выявления основных показателей надежности работы предложенного высевного аппарата.

Пневмомеханический высевной аппарат, установка, точный сев, семена, дозирование.

The paper presented a method of conducting research of a pneumatic sowing apparatus with a reserve doser to identify the main indicators of reliability of work of the proposed sowing apparatus.

Pneumomechanic sowing apparatus, experimental setup, exact seeding, seed, seeding, dosage.

УДК 631.361.022

УТОЧНЕНА МОДЕЛЬ ДИНАМІКИ РУХУ МОЛОТИЛЬНОГО БАРАБАНА ЗЕРНОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА

***В.С. Ловейкін, доктор технічних наук
Ю.В. Човнюк, кандидат технічних наук
А.П. Ляшко, аспірантка****

Представлені уточнене дослідження динаміки руху молотильного барабана зернозбирального комбайна. Дослідження проводилися для двох випадків зміни приводного моменту: постійний момент приводного механізму; параболічна зміна моменту. Встановлено залежність амплітуди коливань швидкості молотильного барабана від жорсткості приводу.

Молотильний барабан, привод, жорсткість, швидкість, динаміка.

Постановка проблеми. Привод молотильного барабана зернозбирального комбайна є складною системою. Комбайнер під час комбайнування обирає оптимальну швидкість обмолоту залежно від виду культури, вологості зерна, рельєфу поля, біологічних особливостей культури.

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

© В.С. Ловейкін, Ю.В. Човнюк, А.П. Ляшко, 2014

4. Омельченко В.П. Практические занятия по высшей математике / В.П. Омельченко, Э.В. Курбатова. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2006. – 350 с.
5. Испытания сельскохозяйственной техники. Машины посевные. Программа и методика испытаний. ОСТ 70.5.1-82. – М.: Техника, 1982. – 159 с.

В статье представлена методика проведения исследований пневмомеханического высевного аппарата с резервным дозатором для выявления основных показателей надежности работы предложенного высевного аппарата.

Пневмомеханический высевной аппарат, установка, точный сев, семена, дозирование.

The paper presented a method of conducting research of a pneumatic sowing apparatus with a reserve doser to identify the main indicators of reliability of work of the proposed sowing apparatus.

Pneumomechanic sowing apparatus, experimental setup, exact seeding, seed, seeding, dosage.

УДК 631.361.022

УТОЧНЕНА МОДЕЛЬ ДИНАМІКИ РУХУ МОЛОТИЛЬНОГО БАРАБАНА ЗЕРНОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА

***В.С. Ловейкін, доктор технічних наук
Ю.В. Човнюк, кандидат технічних наук
А.П. Ляшко, аспірантка****

Представлені уточнене дослідження динаміки руху молотильного барабана зернозбирального комбайна. Дослідження проводилися для двох випадків зміни приводного моменту: постійний момент приводного механізму; параболічна зміна моменту. Встановлено залежність амплітуди коливань швидкості молотильного барабана від жорсткості приводу.

Молотильний барабан, привод, жорсткість, швидкість, динаміка.

Постановка проблеми. Привод молотильного барабана зернозбирального комбайна є складною системою. Комбайнер під час комбайнування обирає оптимальну швидкість обмолоту залежно від виду культури, вологості зерна, рельєфу поля, біологічних особливостей культури.

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

© В.С. Ловейкін, Ю.В. Човнюк, А.П. Ляшко, 2014

У ДВЗ зернозбирального комбайна під час роботи виникають вібрації, які через пасові передачі передаються на молотильний барабан. В свою чергу, так як молотильний барабан найчастіше виконується відкритого типу, то під час обмолоту усередину барабана потрапляє зерно, рослинні рештки, пил та ґрунт, що призводить до їхнього нерівномірного накопичення на билах та підбильниках. Все це призводить до незбалансованості молотильного барабана і, як наслідок, до неприпустимої його вібрації, яка додається до вібрації від ДВЗ. Ці вібрації передаються на підшипники і корпус комбайна, що зменшує його надійність роботи, та погіршує якість процесу обмолоту.

Все це є небажаним, оскільки приводить до зниження надійності роботи молотильного барабана, погіршення якості процесу обмолоту, а також збільшенню енергетичних витрат.

Тому в даній роботі в основу теоретичних досліджень покладено вирішення задач пов'язаних з дослідженням впливу коливань на роботу молотильного барабана.

Аналіз останніх досліджень. Питанням дослідження динаміки руху молотильного барабана, а також опису рівнянь процесу обмолоту та сепарації присвячені праці В.П. Горячкіна, Е.І. Ліпковича, В.Г. Антіпіна. У роботі [1] В.В. Радін, С.В. Куручук та М.С. Гнутов отримали рівняння неголономного зв'язку другого порядку, яке проявляє свої властивості при вмиканні лєніксно́ї передачі в приводі молотарки зернозбирального комбайна. Авторами було виділено три фази роботи лєніксно́ї передачі при вмиканні, і для кожної фази отримані рівняння зв'язку. Загальне рівняння зв'язків об'єднує всі ці фази. У даній роботі автори вивели рівняння, проте не дослідили вплив параметрів привода на динаміку руху молотильного барабана. У роботі [2] Алферов дослідив випадки розгону, вибігу, забивання і нормальної роботи молотильного барабана та рівняння руху молотильного барабана. Тут наведені графіки, з яких можна визначити оптимальний момент інерції молотильного барабана, задаючи при цьому середню частоту максимального зовнішнього навантаження і допустиму з технологічних вимог величину падіння кутової швидкості.

В роботі [3] розглянуті методи динамічного розрахунку машин. Основна увага приділена дослідженню математичних моделей динамічних систем. Приведені методи спрощення динамічних моделей і прості лінійні і нелінійні модулі, які дають змогу скласти математичну модель машини по структурній схемі. Проте динаміка руху молотильного барабана не досліджена.

Метою є дослідження динаміки руху молотильного барабана зернозбирального комбайна.

Результати досліджень. Для дослідження динаміки руху молотильного барабана зернозбирального комбайна розроблена динамічна модель (рис. 1), яка представляє собою двомасову динамічну модель. В цій моделі за узагальнені координати прийняті кутові координати першої і другої мас.

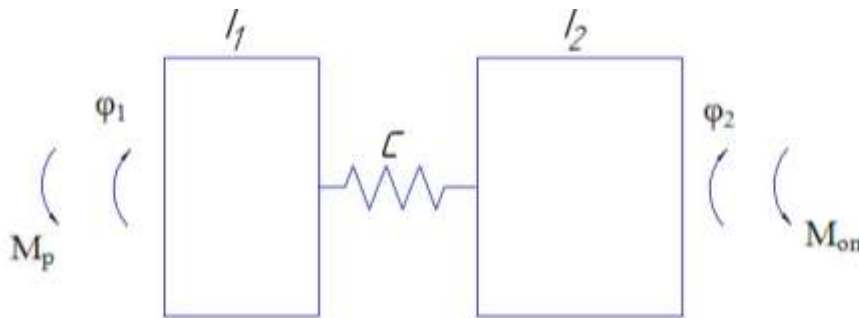


Рис. 1. Динамічна модель приводного механізму молотильного барабана.

В даній моделі φ_1 – кутова координата двигуна, зведена до вісі повороту барабана; φ_2 – кутова координата молотильного барабана; J_1 і J_2 – моменти інерції, відповідно двигуна і барабана, зведені до вісі повороту барабана; c – жорсткість приводного механізму, зведена до вісі повороту барабана; M_p – рушійний момент, зведений до вісі повороту барабана; $M_{оп}$ – момент опору на барабані.

На основі цієї динамічної моделі складені рівняння руху, які представлені нижче:

$$\begin{cases} J_1 \cdot \ddot{\varphi}_1 = M_p - c \cdot (\varphi_1 - \varphi_2) \\ J_2 \cdot \ddot{\varphi}_2 = c \cdot (\varphi_1 - \varphi_2) - M_{оп} \end{cases} \quad (1)$$

Для розв'язання рівнянь руху (1) розглянемо три випадки зміни приводного моменту:

1. Постійний момент приводного механізму. $M_p = const$.

2. Параболічна зміна моменту приводного механізму $M_p = A_1 \cdot \dot{\varphi}_1^2 + A_2 \cdot \dot{\varphi}_1 + A_3$, де A_1 , A_2 , A_3 – постійні коефіцієнти, які визначаються з крайових значень рушійного моменту механічної характеристики приводного механізму та кутової швидкості.

3. Кубічна зміна моменту приводного механізму $M_p(\dot{\varphi}_1) = \tilde{A}_1 \cdot \dot{\varphi}_1^3 + \tilde{A}_2 \cdot \dot{\varphi}_1^2 + \tilde{A}_3 \cdot \dot{\varphi}_1 + \tilde{A}_4$, де A_1 , A_2 , A_3 , A_4 – постійні коефіцієнти, які визначаються з крайових значень рушійного моменту механічної характеристики приводного механізму та кутової швидкості.

Для цих трьох випадків розв'яжемо попередньо систему рівнянь (1).

Розв'язок математичної моделі та побудова графіків для постійного моменту приводного механізму. В першому випадку, в

процесі пуску рушійний момент M_p більший за момент опору $M_{оп}$, а після часу t_p (час розгону) рушійний момент стає рівним моменту опору (це демонструє графік зміни моментів (рис. 2)).

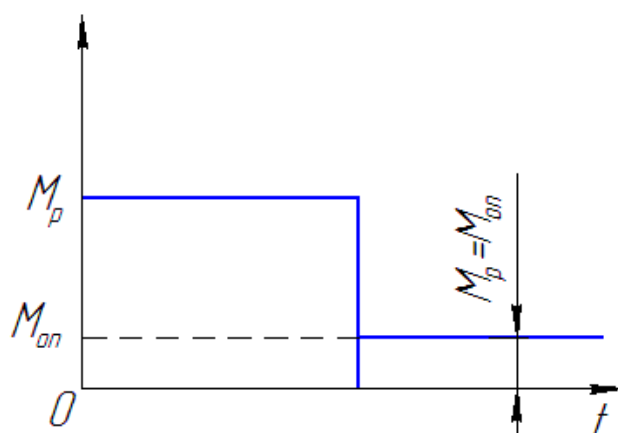


Рис. 2. Графік зміни моменту опору і рушійного моменту від часу.

В даному випадку процес руху молотильного барабана здійснюється в два етапи. На першому етапі руху рушійний момент перевищує момент опору. Після періоду часу t_p , коли рушійний момент стає рівний моменту опору, настає другий етап, на якому рушійний момент дорівнює моменту опору.

Розв'яжемо рівняння руху (1) для першого і другого етапів.

Перший етап. На цьому етапі загальні розв'язки кутової координати двигуна та її похідні мають вигляд:

$$\begin{aligned}\varphi_1 &= \frac{a_2}{2} \cdot t^2 + \left(\frac{J_2}{c} \cdot a_2 - a_1 + \frac{M_{оп}}{c} \right) + a_1 \cdot \cos kt \cdot \left[1 - \frac{J_2}{c} \cdot k^2 \right]; \\ \dot{\varphi}_1 &= a_2 \cdot t - a_1 \cdot k \cdot \sin kt \cdot \left[1 - \frac{J_2}{c} \cdot k^2 \right]; \\ \ddot{\varphi}_1 &= a_2 - a_1 \cdot k^2 \cdot \cos kt \cdot \left[1 - \frac{J_2}{c} \cdot k^2 \right].\end{aligned}\tag{2}$$

Координата молотильного барабана та її похідні:

$$\begin{aligned}\varphi_2 &= a_1 \cdot (\cos kt - 1) + \frac{a_2}{2} \cdot t^2; \\ \dot{\varphi}_2 &= -a_1 \cdot k \cdot \sin kt + a_2 \cdot t; \\ \ddot{\varphi}_2 &= -a_1 \cdot k^2 \cdot \cos kt + a_2; \\ \ddot{\ddot{\varphi}}_2 &= a_1 \cdot k^3 \cdot \sin kt.\end{aligned}\tag{3}$$

Під час розв'язку рівнянь руху було проведені такі заміни:

$$k = \sqrt{\frac{J_1 + J_2}{J_1 \cdot J_2}}; a_1 = \frac{M_{оп}}{J_2 \cdot k^2} + \frac{a_2}{k^2}; a_2 = \frac{M_p - M_{оп}}{k^2 J_1 \cdot J_2} \cdot c.$$

Коли молотильний барабан набере потрібної швидкості, рівняння його руху зміняться. Після часу t_p (часу розгону) рушійний момент буде дорівнювати моменту опору (рис. 2).

Кінематичні характеристики руху молотильного барабана матимуть вигляд:

$$\begin{aligned}\varphi_2 &= a_3 \cdot (\cos kt - 1); \\ \dot{\varphi}_2 &= -a_3 \cdot k \cdot \sin kt; \\ \ddot{\varphi}_2 &= -a_3 \cdot k^2 \cdot \cos kt; \\ \ddot{\varphi}_2 &= a_3 \cdot k^2 \cdot \sin kt,\end{aligned}\tag{4}$$

а залежності характеристик руху двигуна після часу t_p :

$$\begin{aligned}\varphi_1 &= a_3 \cdot \cos kt \cdot \left(1 - \frac{J_2}{c} \cdot k^2\right) + \frac{M_{on}}{c} - a_3; \\ \dot{\varphi}_1 &= -a_3 \cdot k \cdot \sin kt \cdot \left(1 - \frac{J_2}{c} \cdot k^2\right); \\ \ddot{\varphi}_1 &= -a_3 \cdot k^2 \cdot \cos kt \cdot \left(1 - \frac{J_2}{c} \cdot k^2\right).\end{aligned}\tag{5}$$

Для знаходження цих залежностей була проведена заміна:

$$a_3 = \frac{M_{on}}{J_2 \cdot k^2}.$$

Рівняння (2)–(5) можна вирішити за допомогою пакету Mathematica. Для комбайна з параметрами: $J_1=10,82 \text{ кгм}^2$; $J_2=5,22 \text{ кгм}^2$; $M_p=433 \text{ Нм}$; $M_{on}=173,3 \text{ Нм}$. Для першого випадку були побудовані графіки залежності швидкостей молотильного барабана від часу (рис. 3). Залежно від зміни жорсткості приводного механізму, амплітуда коливання швидкості молотильного барабана змінюватиметься не значно (рис. 3).

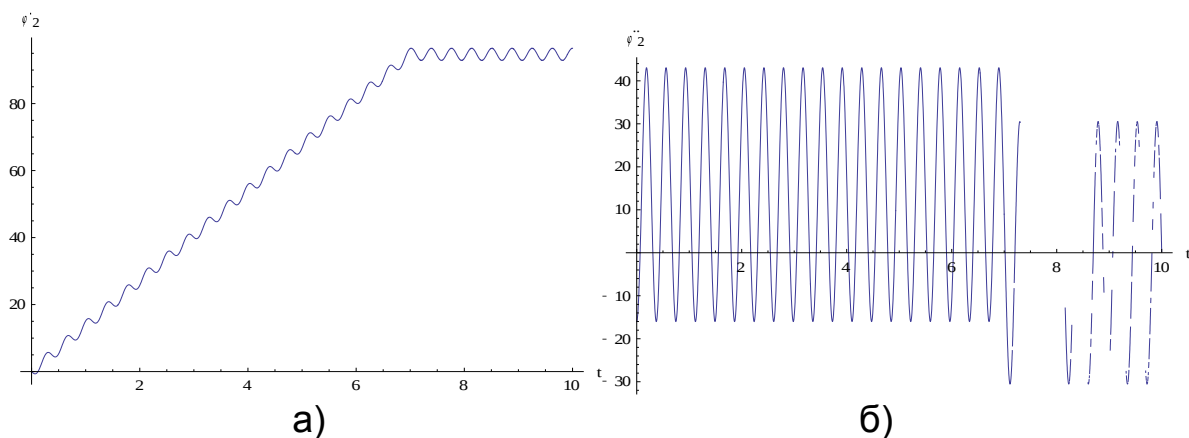


Рис. 3. Графіки залежності кутової швидкості (а) та прискорення (б) молотильного барабана від часу для постійного моменту приводного механізму для колової швидкості поверхні бил 30 м/с.

Зведемо рівняння (1) до даного вигляду, поділивши перше рівняння системи на I_1 , друге – на I_2 :

$$\begin{cases} \ddot{\varphi}_1 = \frac{M_p}{J_1} - \frac{c}{J_1} \cdot (\varphi_1 - \varphi_2); \\ \ddot{\varphi}_2 = \frac{c}{J_2} \cdot (\varphi_1 - \varphi_2) - \frac{M_{on}}{J_2}. \end{cases} \quad (6)$$

Віднімемо від першого рівняння системи (6) друге, тоді:

$$\ddot{\varphi}_1 - \ddot{\varphi}_2 = \frac{M_p}{J_1} + \frac{M_{on}}{J_2} - \left(\frac{c}{J_1} + \frac{c}{J_2} \right) \cdot (\varphi_1 - \varphi_2).$$

Позначимо $\psi = \varphi_1 - \varphi_2$, тоді:

$$\ddot{\psi} + c \cdot \left(\frac{I_1 + I_2}{I_1 \cdot I_2} \right) \cdot \psi = \frac{M_p}{J_1} + \frac{M_{on}}{J_2}.$$

Позначимо $\frac{c \cdot (I_1 + I_2)}{I_1 \cdot I_2} = \Omega^2$.

$$\ddot{\psi} + \Omega^2 \cdot \psi = \frac{M_p}{J_1} + \frac{M_{on}}{J_2}. \quad (7)$$

Розв'яжемо рівняння (7) для етапу пуску ($M_p = \text{const}$; $M_{on} = \text{const}$; $M_p > M_{on}$).

$$\psi = A \cdot \sin \Omega t + B \cdot \cos \Omega t + \left(\frac{M_p}{I_1} + \frac{M_{on}}{I_2} \right) \cdot \frac{1}{\Omega^2}.$$

Початкові умови: $\psi|_{t=0} = \dot{\psi}|_{t=0} = 0$. Звідси:

$$\begin{cases} B + \left(\frac{M_p}{I_1} + \frac{M_{on}}{I_2} \right) \cdot \frac{1}{\Omega^2} = 0 \Rightarrow B = - \left(\frac{M_p}{I_1} + \frac{M_{on}}{I_2} \right) \cdot \frac{1}{\Omega^2}; \\ A = 0. \end{cases}$$

Отже розв'язок (7) має вид:

$$\psi = \left(\frac{M_p}{I_1} + \frac{M_{on}}{I_2} \right) \cdot \frac{2}{\Omega^2} \cdot \sin^2 \left(\frac{\Omega t}{2} \right) \quad (8)$$

Амплітуда коливань:

$$\psi_0 = \frac{2}{\Omega^2} \cdot \left(\frac{M_p}{I_1} + \frac{M_{on}}{I_2} \right).$$

Отже у цьому випадку виникають «биття» ψ , з амплітудою ψ_0 , які досягають максимум (ψ_0) в момент часу $t_n = \frac{\pi \cdot (2n-1)}{\Omega}$, $n=1, 2, 3, 4, \dots$.

Тобто такий режим функціонування системи не вигідний.

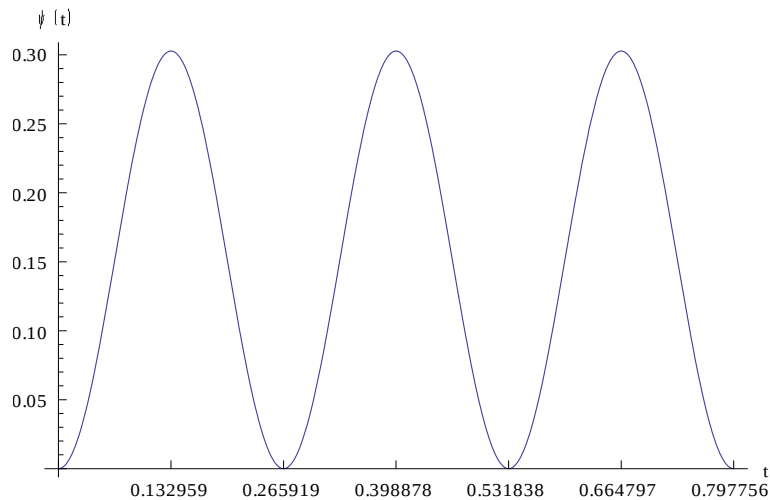


Рис. 4. Залежність різниці кутових координат молотильного барабана та двигуна від часу.

Розв'язок математичної моделі для параболічної зміни приводного моменту механізму. В даному випадку приводний момент змінюється за параболічною залежністю (рис. 5):

$$M_p = A_1 \cdot \dot{\phi}_1^2 + A_2 \cdot \dot{\phi}_1 + A_3. \quad (9)$$

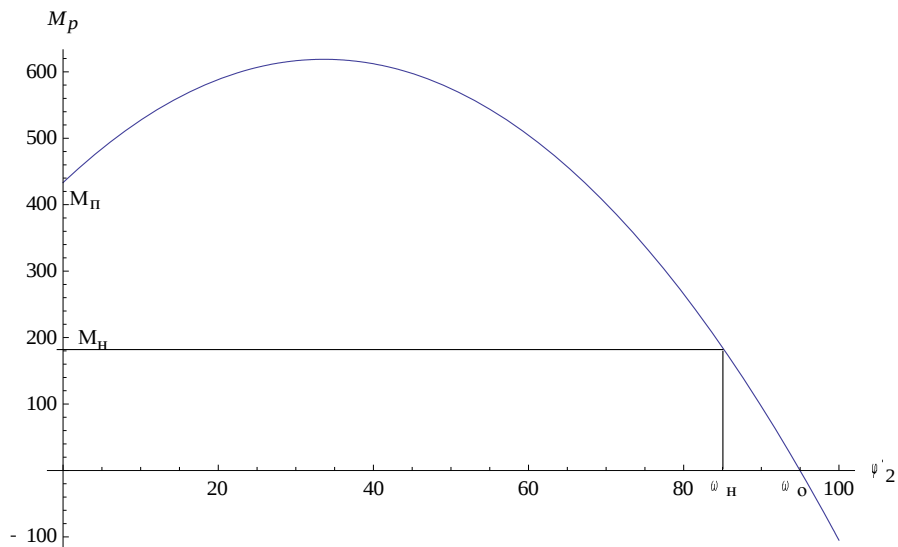


Рис. 5. Параболічна зміна приводного моменту механізму.

При параболічній зміні приводного моменту константи A_1 , A_2 , A_3 знаходяться з умов:

$$M_p|_{\omega=0} = M_n; M_p|_{\omega=\omega_n} = M_n; M_p|_{\omega=\omega_o} = 0; .$$

Виходячи з крайових умов матимемо систему рівнянь:

$$\begin{cases} A_3 = M_n; \\ A_1 \omega_n^2 + A_2 \omega_n + A_3 = M_n; \\ A_1 \omega_o^2 + A_2 \omega_o + A_3 = 0. \end{cases} \quad (10)$$

Розв'язавши дану систему методом підстановки, отримуємо:

$$A_1 = -\frac{M_n(1-\omega_n/\omega_o)-M_n}{\omega_n(\omega_o-\omega_n)}; \quad A_2 = \frac{M_n}{\omega_o} - \frac{M_n(1-\omega_n/\omega_o)-M_n}{\omega_n(\omega_o-\omega_n)}; \quad A_3 = M_n. \quad (11)$$

Таким чином, маємо параболічний по ω_o закон $M_p(\omega_o)$:

$$M_p(\omega) \equiv M_p(\dot{\phi}_1) = -\frac{M_n(1-\omega_n/\omega_o)-M_n}{\omega_n(\omega_o-\omega_n)} \cdot \dot{\phi}_1^2 + \left(\frac{M_n}{\omega_o} - \frac{M_n(1-\omega_n/\omega_o)-M_n}{\omega_n(\omega_o-\omega_n)} \right) \cdot \dot{\phi}_1 + M_n. \quad (12)$$

Розв'язуємо рівняння (1) з урахуванням залежності (12) за допомогою пакету Mathematica і будуємо графіки залежності кутової швидкості молотильного барабана від часу для швидкості обмолоту 30 м/с (рис. 6).

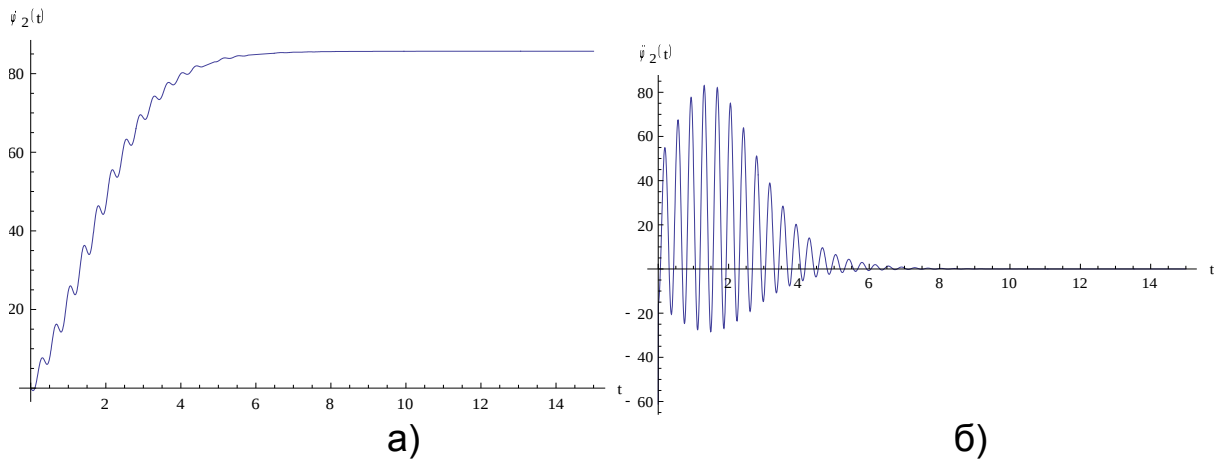


Рис. 6. Графіки залежності кутової швидкості (а) та прискорення (б) молотильного барабана від часу для параболічної зміни приводного моменту механізму для колової швидкості поверхні бил 30 м/с (жорсткість 1000 Н/м).

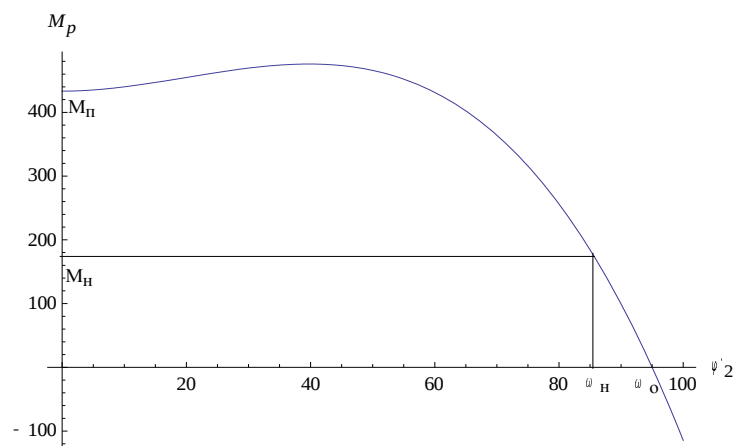


Рис. 7. Кубічна зміна приводного моменту механізму.

Розв'язок математичної моделі для кубічної зміни приводного моменту механізму. Цікавішим є кубічний поліном по $\dot{\phi}_1$. Він

задовольняє умовам «гладкості» зміни функції $M_p(\omega) \equiv M_p(\dot{\phi}_1)$ на початку руху (при $\omega = \dot{\phi}_1 = 0$). Тобто:

$$M_p(\dot{\phi}_1) = \tilde{A}_1 \cdot \dot{\phi}_1^3 + \tilde{A}_2 \cdot \dot{\phi}_1^2 + \tilde{A}_3 \cdot \dot{\phi}_1 + \tilde{A}_4. \quad (13)$$

Умови знаходження констант у виразі (13):

$$M_p|_{\dot{\phi}_1=0} = M_n; \left. \frac{dM_p}{d\dot{\phi}_1} \right|_{\dot{\phi}_1=0} = 0; M_p|_{\dot{\phi}_1=\omega_n} = M_n; M_p|_{\dot{\phi}_1=\omega_o} = 0. \quad (14)$$

З (11) отримуємо систему рівнянь:

$$\begin{cases} \tilde{A}_4 = M_n; \\ \tilde{A}_3 = 0; \\ \tilde{A}_1 \cdot \omega_n^3 + \tilde{A}_2 \cdot \omega_n^2 + \tilde{A}_3 \cdot \omega_n + \tilde{A}_4 = M_n; \\ \tilde{A}_1 \cdot \omega_o^3 + \tilde{A}_2 \cdot \omega_o^2 + \tilde{A}_3 \cdot \omega_o + \tilde{A}_4 = 0. \end{cases}$$

Розв'яжемо систему рівнянь методом підстановки:

$$\tilde{A}_1 = \frac{M_n \cdot (1 - \omega_n^2 / \omega_o^2) - M_n}{\omega_n^2 \cdot (\omega_n - \omega_o)}; \tilde{A}_2 = -\frac{M_n}{\omega_o^2} - \frac{M_n \cdot (1 - \omega_n^2 / \omega_o^2) - M_n}{\omega_n^2 \cdot (\omega_n - \omega_o)} \cdot \omega_o; \tilde{A}_3 = 0; \tilde{A}_4 = M_n.$$

Таким чином, маємо кубічний поліном по $\dot{\phi}_1$ типу:

$$M_p(\dot{\phi}_1) = \frac{M_n \cdot (1 - \omega_n^2 / \omega_o^2) - M_n}{\omega_n^2 \cdot (\omega_n - \omega_o)} \cdot \dot{\phi}_1^3 - \left(\frac{M_n}{\omega_o^2} + \frac{M_n \cdot (1 - \omega_n^2 / \omega_o^2) - M_n}{\omega_n^2 \cdot (\omega_n - \omega_o)} \cdot \omega_o \right) \cdot \dot{\phi}_1^2 + M_n. \quad (15)$$

Константи M_n , M_p , ω_n , ω_o , задаються.

Розв'язуємо рівняння (1) з урахуванням залежності (15) для кубічної зміни приводного моменту, за допомогою пакету Mathematica і будуємо графіки залежності кутової швидкості та прискорення молотильного барабана від часу для швидкості обмолоту 30 м/с (рис. 8).

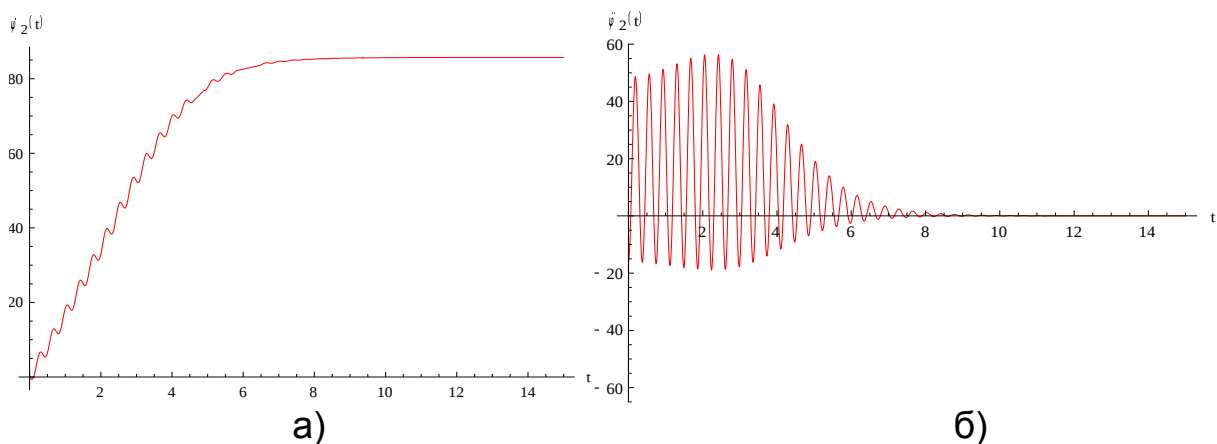


Рис. 8. Графіки залежності кутової швидкості (а) та прискорення (б) молотильного барабана від часу для кубічної зміни приводного моменту механізму для колової швидкості поверхні бил 30 м/с (жорсткість 1000 Н/м).

Висновок. Проаналізувавши ці графіки можна помітити, що мають місце коливання кутової швидкості та прискорення молотильного барабана. Всі ці коливання є небажаними, адже вони призводять до виникнення вібрацій молотильного барабана, що передаються на привод і всю конструкцію молотильного пристрою, підшипники і самого комбайнера. Встановлено, що збільшення жорсткості приводного механізму збільшує частоту коливань кутової швидкості та прискорення молотильного барабана. Також встановлено, що при постійному моменті приводного моменту виникають «биття» і тому такий режим функціонування не вигідний. Рух молотильного барабана буде стійкішими при параболічній або ж кубічній зміні приводного моменту механізму. При цьому коливання кутової швидкості та прискорення молотильного барабана є меншими ніж при постійному моменті приводного механізму.

Список літератури

1. *Радин В.В.* К вопросу о неавтономной связи в приводе молотильного барабана зерноуборочного комбайна в режиме разгона / *В.В. Радин, С.В. Курчук, М.С. Гнутов* // Вестник ДГТУ. – 2008. – Т. 8. – С. 317.
2. *Алфёров С.А.* Исследование динамики привода зерноуборочного комбайна / *С.А. Алфёров* // Земледельческая механика. – М., 1966. – Т. IX. – С. 4–21.
3. *Кожевников С.Н.* Динамика нестационарных процессов в машинах / *С.Н. Кожевников*. – К.: Наукова думка, 1986. – 288 с.
4. *Збігнєв К.* Визначення масового моменту барабана зернозбирального комбайна / *Збігнєв К., Томаш З.* // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – К., 2011. – Вип. 166, ч. 3. – С. 164–170.
5. *Бойко А.І.* Динаміка зміни рівня надійності підсистем зернозбиральних комбайнів в нестабільних умовах експлуатації і обслуговування / *А.І. Бойко, К.М. Думенко* // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – К., 2010. – Вип. 144, ч. 2. – С. 84–88.
6. *Липкович Э.И.* Аналитические основы исследования процесса обмолота и сепарации зерна молотильным аппаратом зерноуборочного комбайна / *Э.И. Липкович* // Земледельческая механика. – М., 1971. – Т. XIII. – С. 225–236.

Представлены исследования динамики движения молотильного барабана зерноуборочного комбайна. Исследования проводились для двух случаев изменения приводного момента: постоянный момент приводного механизма; параболического изменение момента. Установлена зависимость амплитуды колебаний скорости молотильного барабана и двигателя от жесткости привода.

Молотильный барабан, привод, жесткость, скорость, динамика.

The research of dynamic motion in threshing drum of combine harvester is conducted. The research was conducted for two cases of change the drive point: constant moment of drive mechanism; parabolic changing moment. The dependence of vibration amplitude of speed in the threshing drum and the engine from drive stiffness is established.

Threshing drum, drive, stiffness, speed, dynamic.

УДК 538.21.3

ВИЗНАЧЕННЯ МІЦНОСТІ СТАЛЕФІБРОБЕТОННИХ ТРУБ З ВРАХУВАННЯМ ПРУЖНО-ПЛАСТИЧНОЇ РОБОТИ РОЗТЯГНУТОЇ ЗОНИ

М.О. Давиденко, кандидат технічних наук

У статті приведені пропозиції щодо розрахунку міцності сталевібробетонних труб та оцінці напружено-деформованого стану прямокутних перерізів фібробетонних елементів на основі діаграми Прандтля.

Міцність, елемент, армування, базальт, фібра.

Постановка проблеми. Висока трудомісткість виготовлення залізобетонних труб, пов'язана з установкою подвійних стрижневих каркасів, необхідних для сприйняття двозначних згинаючих моментів.

Аналіз останніх досліджень. Складність забезпечення необхідної товщини захисного шару бетону робочої арматури, низьке погонне навантаження за тріщиностійкістю в порівнянні з погонним навантаженням за міцністю, зниження експлуатаційного ресурсу залізобетонних труб [1] ставлять завдання виготовлення труб Ø 400-600 мм (рис. 1) із сталевібробетону без стрижневого армування [2]. Проведені дослідження [2] показали досить рівномірний розподіл сталевібробетону за обсягом бетону в зламі стінки сталевібробетонної труби.

Мета досліджень. Нижче наведено пропозиції щодо розрахунку міцності сталевібробетонних труб і оцінки напружено-деформованого стану прямокутних перерізів фібробетонних елементів на основі діаграми Прандтля.

© М.О. Давиденко, 2014

The research of dynamic motion in threshing drum of combine harvester is conducted. The research was conducted for two cases of change the drive point: constant moment of drive mechanism; parabolic changing moment. The dependence of vibration amplitude of speed in the threshing drum and the engine from drive stiffness is established.

Threshing drum, drive, stiffness, speed, dynamic.

УДК 538.21.3

ВИЗНАЧЕННЯ МІЦНОСТІ СТАЛЕФІБРОБЕТОННИХ ТРУБ З ВРАХУВАННЯМ ПРУЖНО-ПЛАСТИЧНОЇ РОБОТИ РОЗТЯГНУТОЇ ЗОНИ

М.О. Давиденко, кандидат технічних наук

У статті приведені пропозиції щодо розрахунку міцності сталевібробетонних труб та оцінці напружено-деформованого стану прямокутних перерізів фібробетонних елементів на основі діаграми Прандтля.

Міцність, елемент, армування, базальт, фібра.

Постановка проблеми. Висока трудомісткість виготовлення залізобетонних труб, пов'язана з установкою подвійних стрижневих каркасів, необхідних для сприйняття двозначних згинаючих моментів.

Аналіз останніх досліджень. Складність забезпечення необхідної товщини захисного шару бетону робочої арматури, низьке погонне навантаження за тріщиностійкістю в порівнянні з погонним навантаженням за міцністю, зниження експлуатаційного ресурсу залізобетонних труб [1] ставлять завдання виготовлення труб Ø 400-600 мм (рис. 1) із сталевібробетону без стрижневого армування [2]. Проведені дослідження [2] показали досить рівномірний розподіл сталевібробетону за обсягом бетону в зламі стінки сталевібробетонної труби.

Мета досліджень. Нижче наведено пропозиції щодо розрахунку міцності сталевібробетонних труб і оцінки напружено-деформованого стану прямокутних перерізів фібробетонних елементів на основі діаграми Прандтля.

© М.О. Давиденко, 2014



Рис. 1. Виготовлення труб Ø 400 мм методом вертикального вібропресування; сталевібробетонна труба Ø 400 мм, після набору міцності.

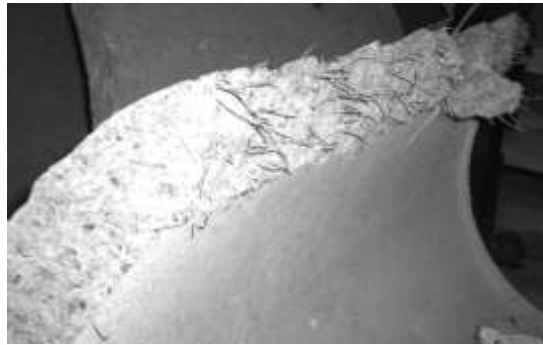


Рис. 2. Рівномірний розподіл сталевібробетонної труби.

Результати досліджень свідчать, що в процесі деформування в розтягнутій зоні сталевібробетонних труб проявляються пружно пластичні властивості матеріалу аж до руйнування [2, 3].

Тому методика розрахунку перерізів фібробетонних елементів, нормальних до поздовжньої осі елемента повинна враховувати розвиток пластичних деформацій у фібробетоні. Існуючі нормативні методики розрахунку міцності фібробетонних і залізобетонних елементів кільцевого перерізу використовують прямокутну епюру розподілу напружень по перерізу елемента, допускаючи необмежену пластичність бетону і фібробетону в граничному стані, що призводить до завищення несучої здатності, перевитрати бетону і фібри [4, 5].

Розрахункові залежності напружено-деформованого стану і несучої здатності позacentрово стиснутих (згинальних) фібробетонних елементів прямокутного перерізу побудовані на основі передумов, наведених у [6] основні з яких:

- зв'язок між напруженнями і деформаціями фібробетону в стиснутій зоні приймається у вигляді пружної діаграми;

- зв'язок між напруженнями і деформаціями фібробетону в розтягнутій зоні приймається у вигляді діаграми Прандтля.

Використання наведеної передумови рівносильне прийняттю епюри напружень у фібробетоні розтягнутої зони розрахункового перерізу в момент, що передуює руйнуванню, у вигляді прямокутної трапеції з висотою ділянки постійних напружень, що дорівнює $\lambda_{cftu} \cdot (d - x)$, де λ_{cftu} – коефіцієнт пластичності фібробетону; напруження в умовно пластичній зоні дорівнюють граничному значенню f_{cftd} .

При,

$$\varepsilon_{cft} = \varepsilon_{cftu}, \quad \lambda_{cft} = \lambda_{cftu} = 1 - \frac{f_{cftd}}{\varepsilon_{cftu} \cdot E_{cftu}}. \quad (1)$$

Висота частини перерізу, що працює в умовно пластичній стадії:

$$x_t = \lambda_{cftu} \cdot (d - x), \quad (2)$$

- опір сталеві фібробетону розтягу представлено напруженнями, f_{cfd} , розподіленими відповідно до трапеційдальної епюри напружень у розтягнутій зоні сталеві фібробетону;

- опір сталеві фібробетону стиску представлено напруженнями f_{cfd} , розподіленими в відповідно до трикутної епюри напружень в стиснутій зоні сталеві фібробетону;

За критерій вичерпання несучої здатності перерізу приймається:

- втрата рівноваги між внутрішніми та зовнішніми зусиллями (досягнення максимуму на діаграмах "момент – кривизна" чи «навантаження – прогин»);

- руйнування розтягнутого фібробетону відбувається при досягненні фіброві деформаціями граничних значень (ε_{cftu}).

Розрахунковий опір сталеві фібробетону стиску f_{cfd} визначається за формулою [7]:

$$f_{cfd} = f_{cd} + (k_n^2 \cdot \varphi_f \cdot \mu_{fv} \cdot R_f), \quad (3)$$

де f_{cd} – розрахунковий опір бетону-матриці осьовому стиску; k_n – коефіцієнт, що враховує роботу фібр в перерізі, перпендикулярному напрямку зовнішнього стискаючого зусилля; φ_f – коефіцієнт ефективності непрямого армування фібрами:

$$\varphi_f = \frac{5 + L}{1 + 4.5L}, \quad \text{де } L = \frac{k^2 \cdot \mu_{fv} \cdot f_f}{f_{fc}},$$

Розрахунковий опір сталеві фібробетону розтягу f_{cftd} у разі обриву деякої кількості фібр і висмикування інших (при $l_{f,an} < 0.5 l_f$, перший випадок), визначається за формулою [7]:

$$f_{cftd} = m_1 \left[K_r \cdot k_{or}^2 \cdot \mu_{fv} \cdot f_{fc} \left(1 - \frac{l_{fan}}{l_f} \right) + 0.1 f_{fc} (0.8 - \sqrt{2\mu_{fv} - 0.005}) \right], \quad (4)$$

Розрахунковий опір сталевібробетону розтягування f_{cftd} у разі висмикування з бетону умовно всіх фібр (при $l_{fan} > 0.5 l_f$, другий випадок), визначається згідно із [7]:

$$f_{cftd} = m_2 \cdot f_{fc} \left(K_T \cdot \frac{k_{or}^2 \cdot \mu_{fv} \cdot l_f}{8\eta_f \cdot d_{fred}} + 0.08 - 0.5\mu_{fv} \right), \quad (5)$$

де m_1, m_2 – коефіцієнти умов роботи, які приймаються рівними для фібри з дроту 1,1; l_{fan} – довжина закладення фібри в бетоні; k_{or} – коефіцієнт орієнтації фібр в обсязі елемента; μ_{fv} – коефіцієнт фібрового армування за обсягом; $K_r = \sqrt{1 - (1.2 - 80 \cdot \mu_{fv})}$; d_{fred} – приведений діаметр використовуваної фібри, мм; f_{fk} – нормативне опір розтягуванню фібр, МПа; η_f – коефіцієнт, що враховує анкерування фібри, що приймається для фібра із сталевго дроту: $\eta_f = 0,7-0,9$.

На підставі наведених передумов міцність нормальних прямокутних перерізів згинальних фібробетонних елементів, перевіряють з умови (6), рис. 3:

$$M \leq f_{cftd} \cdot b \cdot X_t^2 \frac{1 + \lambda_{cftu} - 0,5\lambda_{cftu}^2}{3} - 0,5 \cdot \frac{\varepsilon_{cftu} \cdot E_{cf} \cdot b X^2}{X_t} \left(d - \frac{x}{3} \right), \quad (6)$$

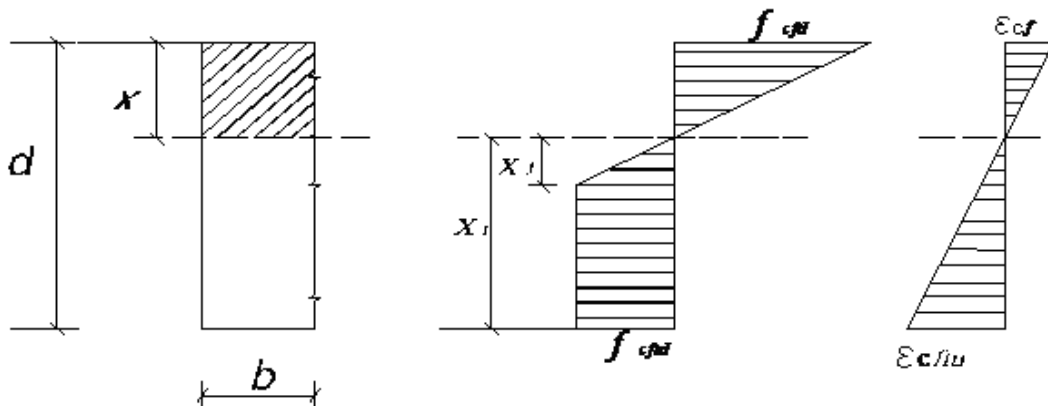


Рис. 3. Розрахункова схема сталевібробетонного елемента прямокутного перерізу.

Висоту стиснутої зони перевіряють з умови:

$$0,5 f_{cftd} \cdot (1 + \lambda_{cftu}) \cdot b \cdot X_t - 0,5 \frac{\varepsilon_{cftu} \cdot E_{cf} \cdot b X^2}{X_t} = 0, \quad (7)$$

Порядок розрахунку нормальних перерізів фібробетонних елементів за деформаційною моделлю:

- задають початкові значення деформацій крайнього розтягнутого волокна ε_{cf} , кривизни χ і обчислюємо значення висоти стиснутої зони x фібробетонного елементу;

- обчислюємо значення коефіцієнта пластичності фібробетону:

- перевіряємо виконання умови рівності нулю зусиль у стиснутій і розтягнутій зоні прямокутного перерізу (7); якщо ця умова не виконується, приймаємо нове значення, обчислюємо x і розрахунок повторюємо до тих пір, поки умова (7) не буде виконуватися з заданою точністю.

- перевіряють нерівність (6) – умова міцності перерізу.

Висновок. Наведена деформаційна методика розрахунку прямокутних перерізів фібробетонних елементів дозволяє більш точно розраховувати міцність перерізів і більш економічно витратити бетон і фіброве дисперсне армування.

Список літератури

1. Трубы железобетонные безнапорные. Технические условия: ГОСТ 6482-88. – [Введ. с 01.01.90]. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 75 с.
2. Давиденко М.А. Прочностные и деформативные характеристики сталефібробетонных труб вертикального вибропрессования / М.А. Давиденко, Н.Д. Высоцкая // Науковий вісник Луганського національного аграрного університету. – 2012. – № 41. – С. 269–275.
3. Давиденко М.А. К определению предельных деформаций сталефібробетона на основе равновесных диаграмм деформирования / М.А. Давиденко, А.И. Давиденко, Е.В. Орехова // Міжвід. науково-техн. зб. наук. пр. „Будівельні конструкції”. – К.: НДІБК, 2011. – Вип. 74. – С. 526–531.
4. Бамбура А.Н. Методические рекомендации по расчету внецентренно сжатых и изгибаемых элементов из базальтофібробетона / А.Н. Бамбура, С.С. Ватагин, П.В. Рожков // Рекомендации. – К.: НИИСК Госстроя СССР, 1988. – 39 с.
5. Андрійчук О.В. Робота і розрахунок елементів кільцевого перерізу зі сталефібробетону при повторних навантаженнях: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.23.01 „Будівельні конструкції, будівлі та споруди” / О.В. Андрійчук. – Львів, 2008. – 20 с.
6. ДБН В.6.2-98:2009. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. – К.: Мінрегіонбуд України. – 2011. – 71 с.
7. Свод правил по проектированию и строительству. Сталефібробетонные конструкции: СП 52-104-2006. [Введен 2006-01-09]. – М.: ФГУП «НИЦ Строительство», 2007. – 73 с.

В статье приведены предложения по расчету прочности сталефібробетонных труб и оценке напряженно-деформированное состояние прямоугольных сечений фібробетонных элементов на основе диаграммы Грандтля.

Прочность, элемент, армирования, базальт, фибра.

The paper presents suggestions for calculating strength steel fiber-reinforced pipes and evaluation of stress-strain state of rectangular sections fiber concretes elements based on Prandtl chart.

Strength, element, reinforcement, basalt, fiber.

УДК 630.56.7

ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ СТАЛІ ЗА РАХУНОК ОПТИМІЗАЦІЇ ВМІСТУ РЗМ

О.Є. Семеновський, кандидат технічних наук

Вивчено вплив неметалевих включень на морфологію структури сталі. Проведені дослідження механічних властивостей та мікроструктури сталей з РЗМ. Визначені оптимальні концентрації церію в сталі.

Модель, властивість, сталь, легування.

Постановка проблеми. Найважливішим напрямком в рішенні задач удосконалення конструкції машин, зниження їх металомісткості при одночасному збільшенні надійності і довговічності є підвищення якості металу. Мікросклад сплаву визначається мірою його чистоти, формою та складом неметалевих включень. Ці фактори істотно впливають на характер кристалізації, морфологію, склад і будову границь зерен і суміжних зон, тобто визначають цілу гаму технологічних і експлуатаційних властивостей.

Для вирішення поставлених у роботі задач розглянемо вплив цих легуючих елементів на експлуатаційні і технологічні властивості сталей, у залежності від багатоконпонентності легованих систем і умов структуроутворення.

Аналіз останніх досліджень. Неметалеві включення мають визначальний вплив на механічні та експлуатаційні властивості сталей. Так авторам роботи [1] вдалося підвищити на два порядки довговічність матеріалів для підшипників кочення при випробуваннях на циклічну втому за рахунок зменшення вмісту в сталі неметалевих включень. Сталь, взагалі, пропонується розглядати як багатофазний композиційний матеріал, в металічній матриці якого розподілені частки неметалевої фази [1, 2]. Властивості такого конгломерату залежать від характеру взаємодії неметалевої фази з металічною матрицею. Вони визначаються

© О.Є. Семеновський, 2014

The paper presents suggestions for calculating strength steel fiber-reinforced pipes and evaluation of stress-strain state of rectangular sections fiber concretes elements based on Prandtl chart.

Strength, element, reinforcement, basalt, fiber.

УДК 630.56.7

ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ СТАЛІ ЗА РАХУНОК ОПТИМІЗАЦІЇ ВМІСТУ РЗМ

О.Є. Семеновський, кандидат технічних наук

Вивчено вплив неметалевих включень на морфологію структури сталі. Проведені дослідження механічних властивостей та мікроструктури сталей з РЗМ. Визначені оптимальні концентрації церію в сталі.

Модель, властивість, сталь, легування.

Постановка проблеми. Найважливішим напрямком в рішенні задач удосконалення конструкції машин, зниження їх металомісткості при одночасному збільшенні надійності і довговічності є підвищення якості металу. Мікросклад сплаву визначається мірою його чистоти, формою та складом неметалевих включень. Ці фактори істотно впливають на характер кристалізації, морфологію, склад і будову границь зерен і суміжних зон, тобто визначають цілу гаму технологічних і експлуатаційних властивостей.

Для вирішення поставлених у роботі задач розглянемо вплив цих легуючих елементів на експлуатаційні і технологічні властивості сталей, у залежності від багатоконпонентності легованих систем і умов структуроутворення.

Аналіз останніх досліджень. Неметалеві включення мають визначальний вплив на механічні та експлуатаційні властивості сталей. Так авторам роботи [1] вдалося підвищити на два порядки довговічність матеріалів для підшипників кочення при випробуваннях на циклічну втому за рахунок зменшення вмісту в сталі неметалевих включень. Сталь, взагалі, пропонується розглядати як багатофазний композиційний матеріал, в металічній матриці якого розподілені частки неметалевої фази [1, 2]. Властивості такого конгломерату залежать від характеру взаємодії неметалевої фази з металічною матрицею. Вони визначаються

© О.Є. Семеновський, 2014

різницею в механічних і термічних властивостях і особливостями структури границь сполучення структурних складових. Різниця коефіцієнтів термічного розширення кераміки і металу призводить до виникнення структурних напружень в металевій матриці і неметалевих включеннях, які можуть збільшувати напруження, що виникають в деталях при прикладенні зовнішніх навантажень в процесі експлуатації.

Залежність експлуатаційних характеристик сталі від розміру і кількості включень вказує на те, що при розмірі включень в діапазоні менше 30 мкм, не відбувається помітного зменшення зносостійкості. У випадку наявності більших включень (30...100 мкм) зносостійкість знижується до 40...50 відсотків нормального ресурсу.

Одним з найбільш доступним способом зменшення вмісту в сталі неметалевих включень і поліпшення їхньої морфології, є мікролегування сталі кальцієм і РЗМ [2-3].

Присадки РЗМ ефективні для подрібнення структури і формування заданої морфології неметалевої фази. Вони зв'язують сірку і кисень у важкодисоціюючі з'єднання. При цьому повністю виключається утворення плівкових сульфідів марганцю, які легко деформуються в рядки при прокаті. Зменшується загальна кількість включень, які викликають утворення тріщин. Неметалеві включення в модифікованих РЗМ вуглецевих і низьколегованих сталях (при реальному вмісті сірки і кисню) представлені, в основному, одно- та двофазними оксисульфідами РЗМ заокругленої форми, з різним співвідношенням кисню і сірки. Температури плавлення цих з'єднань перевищують температуру плавлення сталі. Вони практично не деформуються в процесі прокату. В дослідженнях виявлено подвійний ефект впливу присадок РЗМ в сталі (покращення якості металу внаслідок модифікування і зменшення вмісту сірки при його переплаві). Це характерно для модифікованої РЗМ сталі, тому що РЗМ утворюють з'єднання, котрі вміщують сірку, наявність яких в структурі сплаву покращує комплекс механічних властивостей сталі. В той же час, ці з'єднання здатні до самовільного видалення із рідкого розплаву. Зменшення вмісту сірки, відбувається внаслідок видалення (спливання) оксисульфідів РЗМ, які мають меншу щільність, ніж сталь і високі значення міжфазного натягу. Отриманий при переплавці модифікованої РЗМ сталі ефект десульфурзації забезпечив високий рівень її механічних властивостей.

У роботі [5] встановлено, що загальне забруднення металу оксидними включеннями зменшується при введенні РЗМ. Експерименти проводилися на низьковуглецевих сталях 15ХСНД і 10М2С1. При цьому відзначається, що РЗМ змінюють як фазовий склад, так і форму включень у прокатаному металі: від витягнутих

вздовж прокатки силікатів і сульфідів, окремих включень оксиду алюмінію, чи їхніх скупчень, до глобулярних гетерофазних включень оксисульфідів і оксисульфосилікатів церію і лантану. Оптимальною вважається присадка мішметалу в кількості 0,1%, при цьому підвищується весь комплекс механічних властивостей, особливо ударна в'язкість, що зростає в 1,5...2,0 рази на зразках, вирізаних вздовж напрямку прокатки, і у 2,0...2,5 рази на поперечних зразках. Крім того, відзначається зниження анізотропії властивостей сталі. Позитивно впливає РЗМ і на схильність сталі до зворотньої відпускнуї крихкості і холодостійкості. При оптимальному вмісті присадок мішметалу підвищується також прогартуваності сталі.

Зниження вмісту кисню, зникнення пластинчастих включень сульфиду марганцю, поява сульфідів церію глобулярної форми відзначається при введенні РЗМ в сталь 30ХГНА [6]. При виплавці низьковуглецевої сталі з РЗМ, введення присадок мішметалу привело до видалення сірки і кисню з розплаву в шлак, що складається з оксидів і сульфідів РЗМ. Відзначається, що тривала витримка сталі з РЗМ у процесі проведення плавки в інтервалі температур 1480...1550°C приводить до майже повного видалення сульфідів РЗМ із металу. В роботі [7] приводяться дані трохи протилежного характеру. Автори відзначають, що РЗМ з'єднуючись з киснем і сіркою, утворюють включення, що мігрують у нижню частину виливка.

Оптимальними кількостями легування сталі для фероцерію є 0,18...0,20%, феролантану – 0,10...0,12%. При цьому ударна в'язкість сталі в цих межах легування різко підвищується. Крім того, РЗМ значно поліпшують морфологію, розміри і розподіл нітридів у зміцненому шарі, мають каталітичні властивості при хіміко-термічній обробці [8], що пояснюється їх високою хімічною активністю за рахунок будови електронної оболонки – 4-S. Однак складність процесів, що відбуваються при проведенні плавки сталі з РЗМ, вимагає, в кожному окремому випадку, оптимізації її хімічного складу.

Дослідження останніх років показали, що неметалеві включення необхідно сприймати не просто як частинки (з точки зору механіки), які мають різну структуру та фізико-механічні властивості, а як складові, що при різноманітних обробках взаємодіють зі сталлю матрицею через міжфазні границі, які представляють собою самостійну структурну складову сталі і проявляють себе завдяки різноманітним структурним ефектам. Міжфазні границі - неметалеве включення-матриця сталі можуть розглядатися як "поверхнева" фаза, яка служить активним елементом структури сталі. При впливі зовнішніх навантажень в цих границях

відбуваються перетворення, які приводять до ефектів самоорганізації. Експериментально показано [9], що пікові зміни термодинамічних і зовнішніх параметрів на границях включення-матриця різко інтенсифікують процеси, які відбуваються в сталі і спричиняють нові перетворення в цих границях. Визначальний вплив на весь комплекс службових характеристик сталі має кількість і морфологія неметалевих включень[10]. З цього погляду найбільш перспективним є мікролегування сталі РЗМ.

Мета досліджень. Для вирішення поставлених в роботі задач щодо оптимізації хімічного складу сталі, яка повинна мати високий рівень технологічних характеристик і при цьому забезпечити необхідний ресурс роботи і надійності деталей машин, необхідно було визначити вплив вмісту легуючих елементів на структуру сталі в зміцненому і рівноважному станах, знайти взаємозв'язок між мікроструктурою і комплексом фізико-механічних і технологічних характеристик сталей. При цьому необхідно враховувати, що в серцевині деталей після зміцнення треба було отримати структуру з високим рівнем в'язкості і пластичності при достатній міцності, а на поверхні деталі мартенситна структура повинна мати високу твердість, маючи при цьому достатній запас питомої роботи руйнування, мінімальну схильність до зародження і росту мікротріщин.

Результати досліджень. Дослідні плавки сталей проводилися в 30-ти кілограмовій індукційній печі з основною футеровкою. Шихта для дослідних сталей складалася зі сталі 20, синтетичного чавуну з вмістом 4,40% вуглецю і відповідної кількості феросплавів. Хімічні склади отриманих сталей наведені в табл. 1.

1. Хімічний склад досліджуваних сталей.

Вміст легуючих елементів, %											
№ плавки	C	Si	Mn	Cr	Ni	Ti	Nb	Ce	Ca	S	P
1	0,15	0,35	0,99	1,00	1,07	0,03	0,07	-	0,005	0,029	0,028
2	0,15	0,38	1,09	1,07	0,91	0,04	0,06	0,005	0,005	0,019	0,021
3	0,16	0,42	1,08	1,03	1,00	0,04	0,07	0,01	0,005	0,018	0,023
4	0,16	0,43	1,01	1,06	1,10	0,05	0,08	0,02	0,005	0,022	0,020
5	0,15	0,4	1,02	1,05	1,10	0,05	0,06	0,035	0,005	0,026	0,021
6	0,16	0,37	0,96	1,13	1,18	0,04	0,08	0,01	0,005	0,023	0,019
7	0,17	0,39	1,02	0,94	1,08	0,08	0,08	0,01	0,005	0,023	0,021
8	0,17	0,38	1,01	0,97	1,05	0,03	0,07	0,02	0,005	0,023	0,021

Як видно з даних таблиці, вміст хрому, нікелю, марганцю, кремнію в дослідних сталях практично не змінювався, тому що є досить добре вивченим. Цього вдалося досягти за рахунок використання, в якості шихти, сталі однієї промислової плавки. Крім того для легування сталі були використані феросплави однієї партії. Основна увага приділена дослідженню впливу процентного вмісту в сталі РЗМ. Як механічні характеристики сталі визначались: міцність ($\sigma_B, \sigma_{0,2}$), пластичність (δ, ψ), твердість і ударна в'язкість.

Достовірність отриманих результатів перевищила 95%. Результати випробувань механічних властивостей наведені в табл. 2.

2. Механічні властивості досліджуваних сталей.

№ плавки	Характеристики					
	Межа плинності, σ_T , МПа	Межа міцності, σ_B , МПа	Відносне подовження, δ , %	Відносне звуження, ψ , %	Ударна в'язкість, КСУ, КДж/м ²	Твердість НРС
1	1171	1298	13	50	1230	43
2	1250	1380	17	54	1330	42
3	1179	1370	18	56	1412	42
4	1181	1330	17	55	1380	41
5	1150	1290	16	53	1180	41
6	1240	1420	17	55	1370	43
7	1210	1390	15	54	1290	44
8	1220	1410	16	54	1290	43

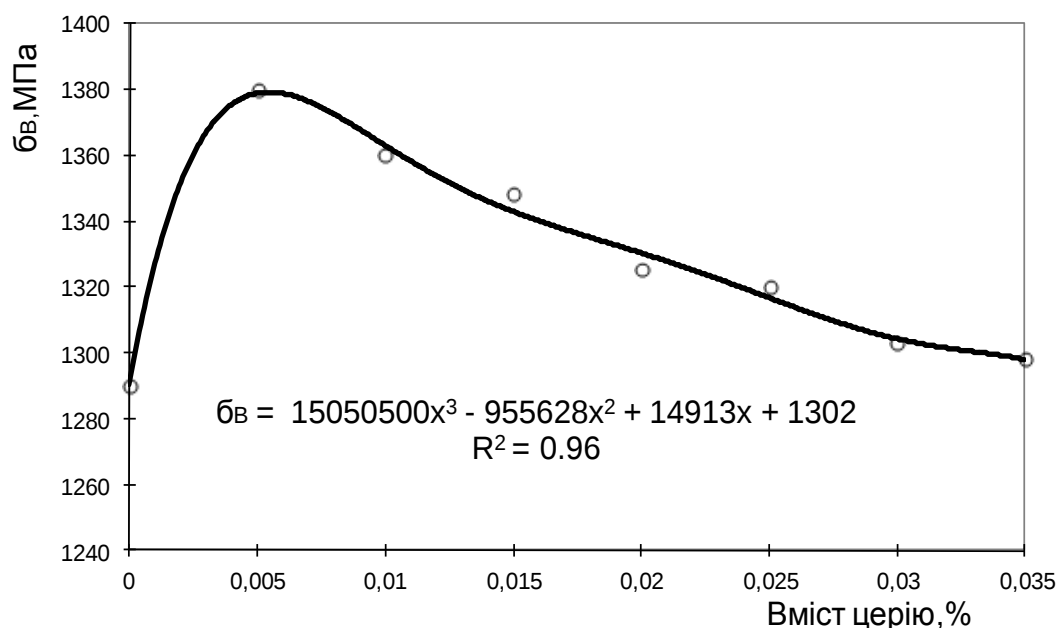


Рис. 1. Вплив церію на міцність сталі.

Аналізуючи отримані результати можна зробити висновок, що мікролегування сталі таким рідкоземельним металом як церій, в межах від 0,005 до 0,01%, приводить до одночасного підвищення характеристик міцності і пластичності (лише 0,005% церію підвищує міцність сталі майже на 100 МПа). Хоча можливо це пояснюється тим що легування церієм викликає зниження вмісту в сталі шкідливих домішок. При цьому спостерігається екстремум на кривій зміни межі міцності при вмісті церію сталі в межах 0,004...0,006% (рис. 1). Подальше збільшення ступеня легування цим елементом (у межах 0,01...0,02 %) приводить до незначного (на 30...40 МПа) падіння характеристик міцності, хоча і залишає їх на досить високому рівні. При введенні в сталь церію понад 0,03%, його вплив на міцність цілком нівелюється. Що стосується впливу церію на твердість сталі, то ми маємо стабільний характер зміни цієї характеристики, аналогічний до зміни властивостей міцності, про що свідчать дані наведені в табл. 2. Більш ефективно позначається мікролегування церієм на характеристиках в'язкості. Так ударна в'язкість сталі зростає майже на 200 КДж/м², при вмісті церію – 0,01% (рис. 2).

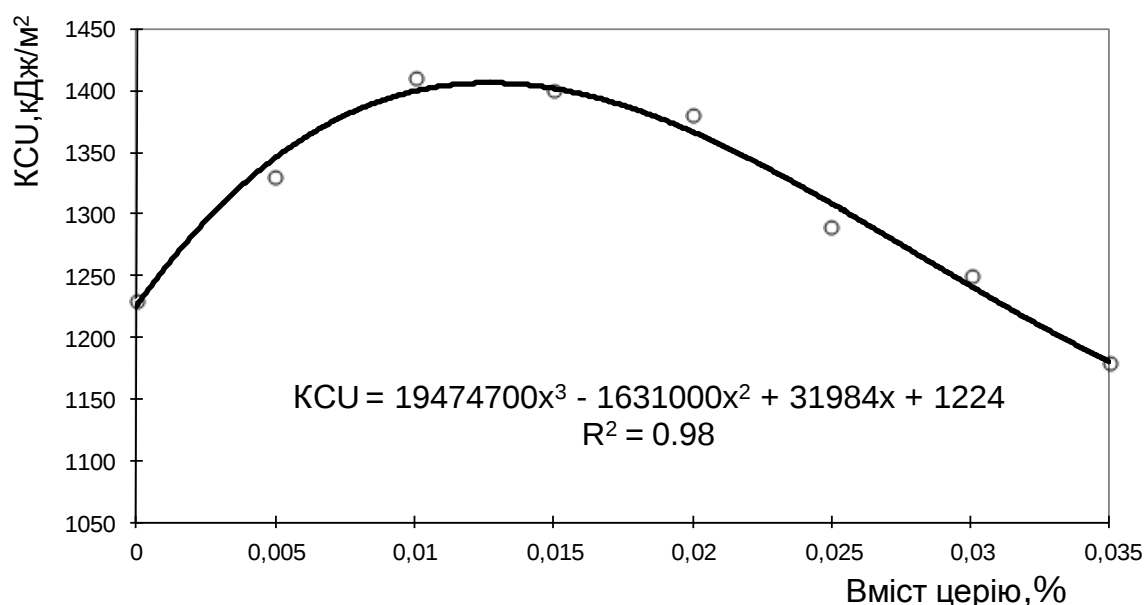


Рис. 2. Вплив церію на ударну в'язкість сталі.

На графічній залежності ударної в'язкості сталі від вмісту в ній церію чітко виражений екстремум в межах 0,009...0,012%. Підвищення ступеня легування цим елементом (вище 0,012%), приводить до зниження питомої роботи руйнування, аналогічно до зміни характеристик міцності. При вмісті в сталі церію понад 0,02% проявляється негативний його вплив на весь комплекс механічних властивостей.

Аналізуючи результати проведених випробувань щодо визначення механічних властивостей дослідних сталей, можна з достатнім ступенем вірогідності стверджувати про те, що для низьковуглецевих цементувальних сталей на основі марганцево-хром-нікелевої композиції оптимальним є легування церієм у межах – 0,005...0,01%. Характерним для цієї сталі є також і те, що в її структурі не виявлені частинки сполук рідкоземельних елементів. Сполуки церію зустрічаються при дослідженні структури сталі №5 (табл. 1), легованої цим елементом в межах до 0,035%. Сульфідні включення церію в цій сталі (хімічний склад яких підтверджений даними рентгеноспектрального якісного і кількісного аналізу) мають розмір до 10 мкм (рис. 3), що і спричинило зниження рівня механічних властивостей сталі, особливо сильно це вплинуло на характеристики в'язкості.

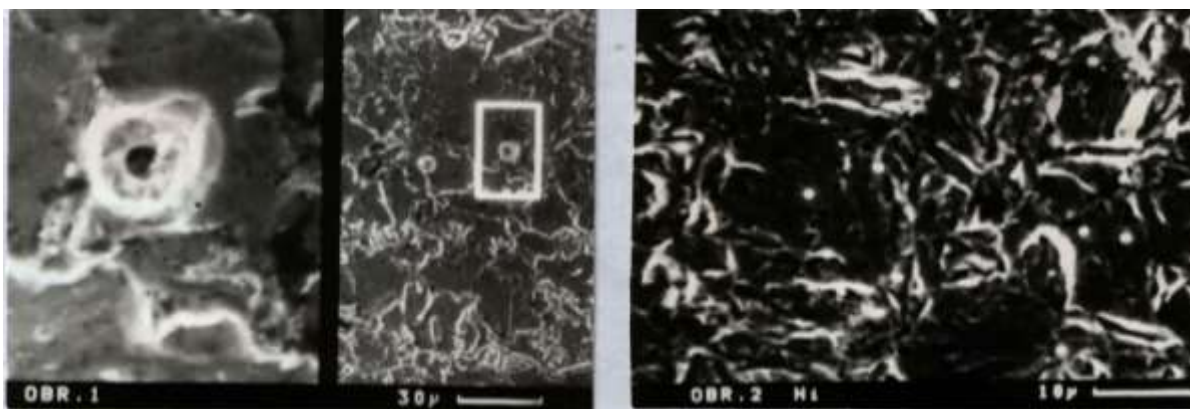


Рис. 3. Включення церію.

Проведені дослідження мікроструктури сталей легованих церієм дозволило пояснити характер зміни механічних властивостей сплавів досліджуваних композицій. При незначному ступені легування до 0,12, церій вступає в реакцію з домішковими елементами і сприяє рафінуванню сталі. При збільшенні його вмісту в структурі сталі з'являються неметалеві сульфідні включення, які знижують весь комплекс механічних та експлуатаційних властивостей.

Висновки

За результатами проведених досліджень впливу легування РЗМ на мікроструктуру і, як наслідок, на механічні характеристики сплаву, можна зробити наступні висновки:

1. Легування сталі церієм у малих кількостях (до 0,01%) підвищує ударну в'язкість сталі.
2. Міцність сталі інтенсивно підвищується при легуванні її церієм в межах до 0,004...0,006%.

3. Збільшення вмісту церію до 0,035% знижує механічні характеристики, тому що в структурі сталі, на границях зерен з'являються включення сульфідів церію.

Список літератури

1. Молотипов Б.В. Оценка опасности неметаллических включений в подшипниковой стали / Б.В. Молотипов // Сталь. – 1998. – № 1. – С. 66–69.
2. Бродецкий И.Л. Анализ неметаллических включений на границах зерен стали с карбонитридным упрочнением / Бродецкий И.Л., Харчевников В.П., Троцан А.И. // Металловедение и термическая обработка металлов. – 2004. – № 3. – С. 12–14.
3. Влияние редкоземельных элементов на подшипниковую сталь Nb-Ti с пониженным содержанием серы / Zhu Xingyuan, Zeng Jing, Liu Jixiong // Zhongguo Xitu Xebao J. Chin. Rare Earth Soc. – 2002. 20, № 2. – S. 182–185.
5. Стовпченко А.П. О двойном эффекте воздействия присадок РЗМ: модифицирование и десульфурация стали / Стовпченко А.П., Тімова Т.М., Павленко Ю.А. // Сталь. – 1999. – №8. – С. 68–70.
6. Cheng Xianlua. Влияние редкоземельных элементов на процесс азотирования / Cheng Xianlua, Ding Dingyuan, Lu Mingjiong, Lin Jiajun, Chen Nanping // Цзиньшу Жэчули. Heat Treat Met. – 1990. – № 12. – С. 3–8.
7. Корзун Е.А. Разработка технологии легирования стали и сплавов на основе хрома редкоземельными элементами в процессе электрошлакового переплава: Автореф. дис... канд. техн. наук: Е.А. Корзун. – Донецк, 1994. – С. 6–9.
8. Бережницкий Л.Т. Влияние неоднородностей материала на концентрацию напряжений возле остроконечных дефектов / Бережницкий Л.Т., Сенюк М.М., Приходский Т.В. // Физико-механическая механика материалов. – 1998. – № 2. – С. 87–92.
9. Губенко С.И. Локальные пики параметров и процессов на границах неметаллическое включение – матрица стали / С.И. Губенко // Сталь. – 1999. – №8. – С. 64–67.
10. Легирование и модифицирование стали с использованием природных техногенных материалов : монография / О.И. Нохрина, И.Д. Рожихина, В.И. Дмитриенко, М.А. Платонов. – Томск: Изд. Томского политехнического университета, 2013. – 320 с.

Изучено влияние неметаллических включений на морфологию структуры стали. Проведенные исследования механических свойств и микроструктуры сталей с РЗМ. Определены оптимальные концентрации церия в стали.

Модель, свойство, сталь, легирование.

The effect of non-metallic inclusions in steel structure morphology. Past studies of mechanical properties and microstructure of steels with REM. The optimal concentration of cerium in steel.

Model, property, steel, alloying.

РОЗРАХУНОК МІЦНОСТІ ФІБРОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ КІЛЬЦЕВОГО ПЕРЕРІЗУ НОРМАЛЬНОГО ДО ПОЗДОВЖНЬОЇ ОСІ ЗА ДЕФОРМАЦІЙНИМ МЕТОДОМ

М.О. Давиденко, кандидат технічних наук

В статті приведені залежності для розрахунку міцності фібробетонних елементів кільцевого перерізу нормального до поздовжньої осі на основі основних передумов, що відповідають новим національним стандартам України.

Міцність, елемент, армування, базальт, фібра.

Постановка проблеми. Існуючи методи розрахунку і низькі значення коефіцієнтів надійності за матеріалами, які використовуються в нормативних документах з проектування сталеві фібробетонних конструкцій [1], призводять до зниження надійності і довговічності конструкцій і не відповідають вимогам європейським нормам [2].

Аналіз останніх досліджень. В статті приведені залежності для розрахунку міцності фібробетонних елементів кільцевого перерізу нормального до поздовжньої осі на основі наступних основних передумов, що відповідають новим вітчизняним нормам [3]:

- опір сталеві фібробетону на розтяг представлено напруженнями f_{cfd} , розподіленими в формі пружнопластичної трапеції в розтягнутій зоні сталеві фібробетону;
- опір сталеві фібробетону на стиск представлено напруженнями f_{cfd} , розподіленими в формі трикутної епюри напружень в стиснутій зоні сталеві фібробетону;

На основі прийнятих вище передумов, в розділі приведені залежності для розрахунку міцності фібробетонних елементів кільцевого перерізу нормального до поздовжньої осі.

Значення сили N і моменту несучої здатності $M=Ne$, що сприймаються кільцевим перерізом, визначається у вигляді різниці між вказаними величинами для перерізів з діаметрами D і d . При визначенні несучої здатності невідомими є висота розтягнутої зони X_t і несуча здатність $M=Ne$. На підставі гіпотези плоских перерізів величина X_1 має вигляд:

$$X_1 = \eta X_t = (1 - \lambda_{cfu}) \cdot X_t, \quad (1)$$

де $\eta = \frac{f_{ctd}}{E_{cf} \cdot \varepsilon_{ctu}}$, $\lambda_{ctu} = (1 - \eta)$.

Для фібробетонного елементу кільцевого перерізу, умови рівності нулю суми проекцій всіх сил на подовжню вісь і суми моментів відносно стиснутої грані приведені залежно від положення нейтральної осі в кільцевому перерізі.

В разі положення нейтральної осі за межами кільцевого перерізу (рис. 1) рівняння рівноваги прийняті у виді:

$$\int_{X_t-D}^{X_t} f_{ctd} \cdot B_z \cdot dz - \int_{X_t-D}^{\eta X_t} f_{ctd} \frac{\eta X_t - z}{\eta X_t} \cdot B_z \cdot dz - \\ - \int_{X_t-D}^{X_t} f_{ctd} \cdot b_z \cdot dz - \int_{X_t-D}^{\eta X_t} f_{ctd} \frac{\eta X_t - z}{\eta X_t} \cdot b_z \cdot dz = N \quad (2)$$

$$\int_{X_t-D}^{X_t} f_{ctd} \cdot (z - X_t + D) \cdot B_z \cdot dz - \int_{X_t-D}^{\eta X_t} f_{ctd} \frac{(\eta X_t - z)}{\eta X_t} \cdot (z - X_t + D) \cdot B_z \cdot dz - \\ - \int_{X_t-D}^{X_t} f_{ctd} \cdot (z - X_t + D) \cdot b_z \cdot dz - \int_{X_t-D}^{\eta X_t} f_{ctd} \frac{(\eta X_t - z)}{\eta X_t} \cdot (z - X_t + D) \cdot b_z \cdot dz = Ne \quad (3)$$

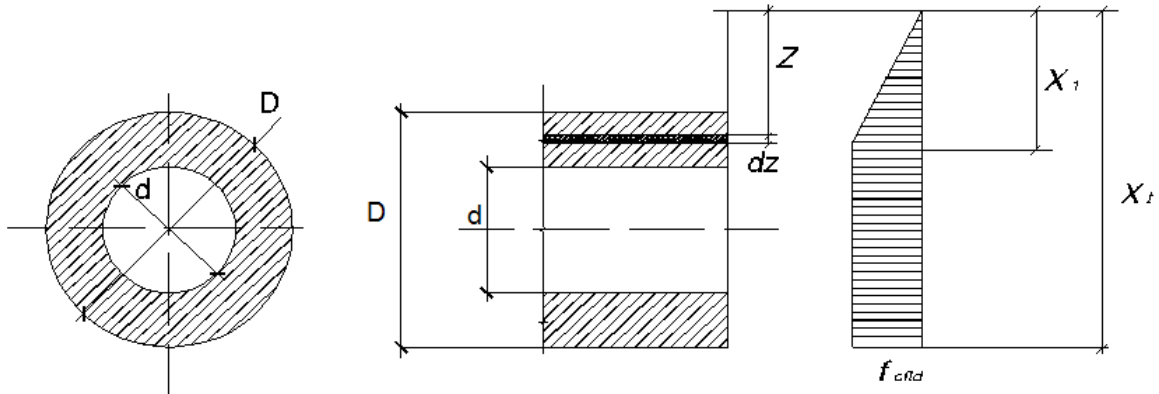


Рис. 1. Розрахункова схема фібробетонного елементу кільцевого перерізу при $X_t \geq D$.

У рівняннях (2), (3) $B(z)$, $b(z)$ – функції ширини перерізу для відповідних діаметрів:

$$B(z) = 2\sqrt{R^2 - y^2} = 2\sqrt{R^2 - (z - x_t + R)^2}, \quad b(z) = 2\sqrt{r^2 - (z - x_t - r)^2}, \quad (4)$$

де значення (y) представлено для відповідних перерізів у вигляді:

$$y = z - x_t + R, \quad y = z - x_t + r, \quad (5)$$

В разі положення нейтральної осі за межами кільцевого перерізу (рис. 2) рівняння рівноваги прийняті у :

$$\int_{X_t-D}^{X_t} f_{ctd} \cdot b_z \cdot dz - \int_{X_t-D}^{\eta X_t} \frac{f_{ctd}(X_1 + X - z)}{X_1} \cdot b_z \cdot dz - \int_0^X \frac{\varepsilon_{ctu} \cdot E_{fc} \cdot (X - z)}{X_1} \cdot b_z \cdot dz = N \quad (6)$$

$$\int_{X_t-D}^{X_t} f_{ctd} \cdot z \cdot b_z \cdot dz - \int_{X_t-D}^{\eta X_t} \frac{f_{ctd}(\eta X_t + X - z)}{\eta X_t} \cdot z \cdot b_z \cdot dz - \int_0^X \frac{\varepsilon_{ctu} \cdot E_{fc} \cdot (X - z)}{X_t} \cdot z \cdot b_z \cdot dz = Ne \quad (7)$$

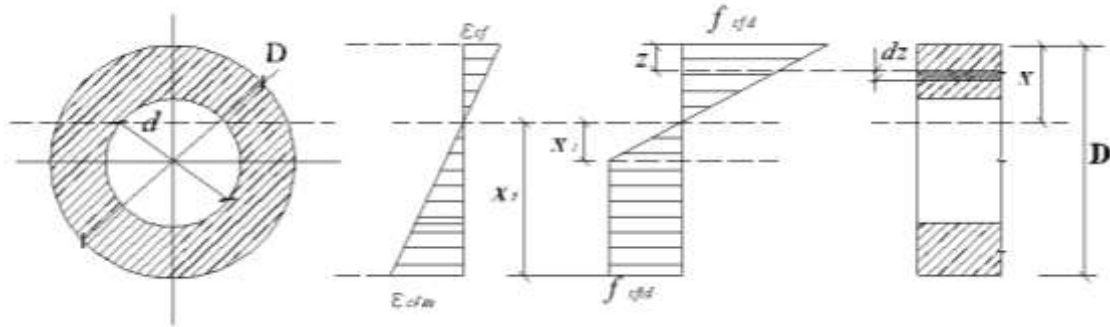


Рис. 2. Розрахункова схема фібробетонного елемента кільцевого перерізу при $X_t \leq D$.

Порівняння середніх за серіями дослідних [4] і теоретичних значень максимальних згинальних моментів і зосереджених сил наведено в табл. 1.

1. Порівняння середніх за серіями експериментальних і теоретичних значень максимальних згинальних моментів і зосереджених сил.

№ серії	M_{max}^{ex} кН · м	M_{max}^{th} кН · м	$\frac{M_{max}^{th}}{M_{max}^{ex}}$	$\frac{\nu}{\beta}$	P_{max}^{ex} кН	P_{max}^{th} кН	$\frac{P_{max}^{th}}{P_{max}^{ex}}$	$\frac{\nu}{\beta}$
Т 40	5,227	4,65	0,89	$\frac{5,08}{2,90}$	72,25	64,32	0,89	$\frac{3,26}{1,83}$
Т 60	8,416	7,79	0,926	$\frac{3,71}{1,86}$	79,00	73,15	0,926	$\frac{2,67}{1,24}$

Примітка: ν – коефіцієнт варіації, β – величина відносної погрішності.

Висновок. Приведені залежності дозволяють достовірно розраховувати фібробетонні кільцеві перерізи: після перевірки виконання умови рівності нулю зусиль в стиснутій і розтягнутій зоні кільцевого перерізу (2), (6), перевіряють умову міцності перерізу (3), (7).

Список літератури

1. *Рекомендации по проектированию и изготовлению сталефибробетонных конструкций.* – М.: НИИЖБ Госстроя СССР, 1987. – 148 с.
2. EN 1992-1-1:2004 Eurocode 2: Design of concrete structures – Part 1-1: General rules and rules for buildings (Еврокод 2. Проектирование железобетонных конструкций. Часть 1-1. Общие правила и правила для зданий)
3. ДБН В.6.2-98:2009. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. – Київ, Мінрегіонбуд України. – 2011. – 71 с.

4. Давиденко М.А. Прочностные и деформативные характеристики сталефибробетонных труб вертикального вибропрессования / М.А. Давиденко, Н.Д. Высоцкая // Науковий вісник Луганського національного аграрного університету. – 2012. – № 41. – С. 269–275.

В статье приведены зависимости для расчета прочности фибробетонных элементов кольцевого сечения нормальных к продольной оси на основе основных предпосылок, которые отвечают новым национальным стандартам Украины.

Прочность, элемент, армирования, базальт, фибра.

The paper presents the dependences for calculation of strength of steel fiber-reinforced elements of circular cross-section normal to the longitudinal axis on basis of basic preconditions which meet national standards of Ukraine.

Strength, element, reinforcement, basalt, fiber.

УДК 62:534(031)

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВІБРАЦІЙНОГО ТРАНСПОРТУВАННЯ КОРМОСУМІШЕЙ

В.С. Ловейкін, доктор технічних наук

Ю.В. Човнюк, А.В. Гудова, кандидати технічних наук

Наведена математична модель процесу вібраційного транспортування кормосумішей. Встановлені основні віброреологічні характеристики кормосуміші у процесі її транспортування.

Математичне моделювання, вібрація, транспортування, кормосуміш.

Постановка проблеми. При дії вібрації на нелінійні механічні системи виникають своєрідні явища, котрі не властиві лінійним системам. З однієї сторони, такі явища слід враховувати, оскільки вони призводять до небажаних побічних ефектів. З іншого боку, ці явища можна використати для отримання корисних ефектів у різних областях техніки та технологій (у т.ч. сільськогосподарського виробництва та переробки сировини).

© В.С. Ловейкін, Ю.В. Човнюк, А.В. Гудова, 2014

4. Давиденко М.А. Прочностные и деформативные характеристики сталефибробетонных труб вертикального вибропрессования / М.А. Давиденко, Н.Д. Высоцкая // Науковий вісник Луганського національного аграрного університету. – 2012. – № 41. – С. 269–275.

В статье приведены зависимости для расчета прочности фибробетонных элементов кольцевого сечения нормальных к продольной оси на основе основных предпосылок, которые отвечают новым национальным стандартам Украины.

Прочность, элемент, армирования, базальт, фибра.

The paper presents the dependences for calculation of strength of steel fiber-reinforced elements of circular cross-section normal to the longitudinal axis on basis of basic preconditions which meet national standards of Ukraine.

Strength, element, reinforcement, basalt, fiber.

УДК 62:534(031)

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВІБРАЦІЙНОГО ТРАНСПОРТУВАННЯ КОРМОСУМІШЕЙ

В.С. Ловейкін, доктор технічних наук

Ю.В. Човнюк, А.В. Гудова, кандидати технічних наук

Наведена математична модель процесу вібраційного транспортування кормосумішей. Встановлені основні віброреологічні характеристики кормосуміші у процесі її транспортування.

Математичне моделювання, вібрація, транспортування, кормосуміш.

Постановка проблеми. При дії вібрації на нелінійні механічні системи виникають своєрідні явища, котрі не властиві лінійним системам. З однієї сторони, такі явища слід враховувати, оскільки вони призводять до небажаних побічних ефектів. З іншого боку, ці явища можна використати для отримання корисних ефектів у різних областях техніки та технологій (у т.ч. сільськогосподарського виробництва та переробки сировини).

© В.С. Ловейкін, Ю.В. Човнюк, А.В. Гудова, 2014

До числа таких явищ можна віднести:

- 1) ефект вібраційного переміщення кормосумішей;
- 2) зміну під впливом вібрації реологічних властивостей суміші по відношенню до повільних впливів (зменшення ефективних коефіцієнтів сухого тертя при вібрації, уявне перетворення сил сухого тертя у сили в'язкого тертя, зміна «ефективної в'язкості» суміші при її турбулентній течії тощо).

Для всіх перерахованих процесів і явищ у кормосуміші характерно, що виникаючі у ній під дією вібрації рухи $x = X + \psi$ представляють собою суперпозицію «швидких» високочастотних коливань ψ на «повільний» еволюційний рух суміші X . При цьому основний інтерес, як правило, представляє саме повільний рух.

Аналіз останніх досліджень. Основні положення механіки повільних рухів при дії вібрації на нелінійні системи, метод прямого розділення рухів, тобто підхід до пояснення й математичного опису явищ, що мають місце у процесах вібротранспортування кормосумішей, викладені у роботі І.І. Блехмана [3].

Цей підхід заснований на переході від рівнянь руху для сумарної складової руху x , що записується у відповідності зі звичайними законами механіки, до рівнянь для повільної складової X .

Виявляється, що ці рівняння для X отримують додаванням до всіх повільних сил, діючих на систему, деяких додаткових повільних сил, які обчислюються за певним правилом й називаються вібраційними узагальненими силами. Саме цей метод і буде використаний у даному дослідженні.

Мета досліджень полягає у встановленні основних закономірностей вібротранспортування кормових сумішей, їх віброреологічних характеристик у цьому процесі.

Результати досліджень. Слід зазначити, що у даному дослідженні, коли будуть описуватись зміни реологічних властивостей компонентів кормосуміші чи зміни закономірностей поведінки суміші в цілому під дією вібрації, завжди будемо мати на увазі властивості й закономірності по відношенню до повільних складових руху X .

Віброреологічні рівняння течії кормосуміші. Для останніх років характерним є інтенсивність накопичення фактів і результатів, які відносяться до впливу вібрації на різноманітні складні середовища – неоднорідні тверді тіла, сипкі тіла, будівельні суміші, полімерні матеріали, суспензії, кормосуміші [1, 9, 19]. При цьому найбільший інтерес для техніки й технологій сільськогосподарського виробництва і переробки сировини представляють випадки, коли під дією вібрації поведінка кормосуміші різко змінюється. П.О. Лебіндер [5] запропонував називати відповідний розділ механіки

віброреологією. Автор [3] визначає віброреологію як область механіки, у котрій вивчається зміна реологічних властивостей тіл по відношенню до повільних сил під впливом вібрації. Виходячи з цього визначення, відповідні рівняння повільного руху можна назвати віброреологічними рівняннями (тобто рівняння руху в'язкої рідини, яка не стискується, при відсутності об'ємних сил):

$$\begin{cases} \rho \cdot \frac{\partial \vec{u}}{\partial t} + \rho \cdot (\vec{u} \cdot \vec{\nabla}) \vec{u} = -\vec{\nabla} p + \mu \nabla^2 \vec{u}; \\ (\vec{\nabla} \cdot \vec{u}) = 0, \end{cases} \quad (1)$$

де ρ – щільність в'язкої рідини (модель рухомої кормосуміші); $\vec{u} = \vec{u}(x, y, z, t)$ – вектор швидкості руху; (x, y, z) – просторові координати; t – час; p – тиск; μ – в'язкість рідини (динамічна), $\text{Па} \cdot \text{с}$; $\vec{\nabla}$ – оператор Гамільтона («набла»); $\nabla^2 \equiv \Delta$ – оператор Лапласа; вирази, які стоять у круглих скобках символізують скалярний добуток відповідних величин.

У рівняннях (1) вважаємо, що:

$$\vec{u} = \vec{U} + \vec{u}'; \quad p = P + p', \quad (2)$$

де $\vec{U}$ й P – повільні, а $\vec{u}'$ й p' – швидкі (пульсаційні) складові відповідно швидкості й тиску (турбулентна течія рідини). З урахуванням (2) та підходу І.І. Блехмана [1] рівняння (1) набувають остаточного вигляду:

$$\begin{cases} \rho \cdot \frac{\partial \vec{U}}{\partial t} + \rho \cdot (\vec{U} \cdot \vec{\nabla}) \vec{U} = -\vec{\nabla} P + \mu \nabla^2 \vec{U} - \vec{w}; \\ (\vec{\nabla} \cdot \vec{U}) = 0, \quad \vec{w} = \rho \cdot \langle (\vec{u}' \cdot \vec{\nabla}) \cdot \vec{u}' \rangle, \end{cases} \quad (3)$$

котрі у літературі мають назву рівнянь Рейнольдса [2].

У (3) через $\langle \dots \rangle = \frac{1}{2\pi} \cdot \int_0^{2\pi} (\dots) d\tau$ позначений оператор усереднення

по швидкому часу $\tau = \omega t$ (ω – кругова частота вібрації), котрий входить у вираз $\vec{w}$ явно:

$$\vec{u}' = \omega \cdot [A_x(x, y, z, t) \cdot \vec{i} + A_y(x, y, z, t) \cdot \vec{j} + A_z(x, y, z, t) \cdot \vec{k}] \cdot \sin \omega t, \quad (4)$$

де $(\vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$ – орти вдовж відповідних осей координат $(0X, 0Y, 0Z)$, (A_x, A_y, A_z) – амплітуди переміщень (кормосуміші) вдовж відповідних осей, які, у загальному випадку, є функціями (x, y, z, t) . Оскільки:

$$\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \sin^2 \tau d\tau = \frac{1}{4\pi}, \quad (5)$$

де $\pi = 3,1415926$, тоді $\tilde{W}$ можна подати так:

$$\vec{w} = \rho \cdot \frac{w^2}{4\pi} \cdot \left\{ \begin{aligned} & \left[A_x \cdot \frac{\partial A_x}{\partial x} + A_y \frac{\partial A_x}{\partial y} + A_z \frac{\partial A_x}{\partial z} \right] \cdot \vec{i} + \\ & + \left[A_x \cdot \frac{\partial A_y}{\partial x} + A_y \frac{\partial A_y}{\partial y} + A_z \frac{\partial A_y}{\partial z} \right] \cdot \vec{j} + \\ & + \left[A_x \cdot \frac{\partial A_z}{\partial x} + A_y \frac{\partial A_z}{\partial y} + A_z \frac{\partial A_z}{\partial z} \right] \cdot \vec{k} \end{aligned} \right\}. \quad (6)$$

Подано перше рівняння системи (3) з урахуванням виразу (6) так:

$$\frac{\partial \vec{U}}{\partial t} + (\vec{U} \cdot \vec{\nabla}) \vec{U} = -\frac{\vec{\nabla} P}{\rho} + \nu \nabla^2 \vec{U} - \frac{\vec{w}}{\rho}, \quad (7)$$

де $\nu = \frac{\mu}{\rho}$ – кінематична в'язкість рідини, $\text{м}^2/\text{с}$.

Після деяких математичних перетворень рівняння (7) набуває вигляду:

$$\frac{\partial \vec{U}}{\partial t} + (\vec{U} \cdot \vec{\nabla}) \vec{U} = -\frac{\vec{\nabla} P}{\rho} + \nu^* \nabla^2 \vec{U}, \quad (8)$$

$$\text{де } \nu^* = \nu - \frac{\frac{w^2}{4\pi} \left(\sum_{l=1}^3 A_l \cdot \frac{\partial A_m}{\partial x_l} \right)}{\nabla^2 U_m}, \quad m = (1, 3).$$

Зрозуміло, що $\nu^* < \nu$ і враховує вібраційний вплив на в'язкість кормосуміші. Зробимо «феноменологічну» оцінку ν^* . Вважаємо, що $U_m \ll V$ (швидкість руху маси кормосуміші у горизонтальному напрямку – вдовж вісі шнеку); $A_l \ll A$ (амплітуда вібрацій, м); $X_l \ll R$ (поперечний радіус кожуху шнека для вібротранспортування кормосуміші), м; L – довжина вісі шнеку (у поздовжньому напрямку), м. (Тоді X_l точніше виражати як $X_l \ll \sqrt{L \cdot R}$, тобто як середньоквадратичний розмір жолобу для транспортування кормосуміші).

Отже, маємо дві наступні оцінки ν^* :

1). $X_l \ll R$ –

$$\nu^* = \nu - \frac{\frac{w^2}{4\pi} A^2 \cdot R}{V}, \quad \nu^* = \nu - \tilde{\nu}_{\text{вібрації}}, \quad \tilde{\nu}_{\text{вібрації}} = \frac{w^2 A^2 \cdot R}{4\pi V}; \quad (9)$$

2). $X_l \ll \sqrt{L \cdot R}$ –

$$\nu^* = \nu - \frac{w^2}{4\pi} \frac{A^2 \sqrt{L \cdot R}}{V}, \quad \nu^* = \nu - \tilde{\nu}_{\text{вібрації}}^*, \quad \tilde{\nu}_{\text{вібрації}} = \frac{w^2 A^2 \sqrt{L \cdot R}}{4\pi V}. \quad (10)$$

Нижче, у табл. 1 наведені значення «вібраційної» поправки до кінематичної в'язкості $\tilde{\nu}_{\text{вібр}}$ кормосуміші, яка зменшує її вихідну (ν^*) в'язкість (кінематичну) при $w = 2\pi \cdot 50 \frac{1}{\text{с}} = 314 \text{с}^{-1}$, $L = 3 \text{ м}$ для різних $A, \text{ м}$ та $R, \text{ м}$ при $V = 0,05 \frac{\text{м}}{\text{с}}$.

1. «Вібраційна» поправка $\tilde{\nu}_{\text{вібрації}}, \frac{\text{м}}{\text{с}}$ кормосуміші.

$R, \text{ м}$	$A, \text{ м}$				
	$1 \cdot 10^{-3} \text{ м}$	$2 \cdot 10^{-3} \text{ м}$	$3 \cdot 10^{-3} \text{ м}$	$4 \cdot 10^{-3} \text{ м}$	$5 \cdot 10^{-3} \text{ м}$
0,2	0,0314	0,1256	0,2826	0,5024	0,7850
0,4	0,0628	0,2512	0,5652	1,0048	1,5700
0,6	0,0942	0,3768	0,8478	1,5072	2,3550
0,8	0,1256	0,5024	1,1304	2,0096	3,1400

У табл. 2 наведені значення «вібраційної» поправки до кінематичної в'язкості $\tilde{\nu}_{\text{вібр}}$ кормосуміші, яка зменшує її вихідну (ν^*) кінематичну в'язкість при $w = 2\pi \cdot 50 \frac{1}{\text{с}} = 314 \text{с}^{-1}$, $R = 0,4 \text{ м}$ для різних $L, \text{ м}$ та $A, \text{ м}$ при $V = 0,05 \frac{\text{м}}{\text{с}}$.

2. «Вібраційна» поправка $\tilde{\nu}_{\text{вібрації}}, \frac{\text{м}}{\text{с}}$ кормосуміші.

$L, \text{ м}$	$A, \text{ м}$				
	$1 \cdot 10^{-3} \text{ м}$	$2 \cdot 10^{-3} \text{ м}$	$3 \cdot 10^{-3} \text{ м}$	$4 \cdot 10^{-3} \text{ м}$	$5 \cdot 10^{-3} \text{ м}$
1	0,1000	0,4000	0,9000	1,6000	2,5000
3	0,1732	0,6928	1,5588	2,7712	4,3300
5	0,2236	0,8944	2,0124	3,5776	5,5900
7	0,2646	1,0584	2,3814	4,2336	6,6150

Моделювання процесу дифузії компонент кормосуміші при її транспортуванні за допомогою шнеку і наявного поля вібрації. Аналогічні моделі та процеси досліджувались тривалий час для ущільнюваних бетонних сумішей. Так, у роботах [8, 10, 11, 12] показано, що у стаціонарному потоці при певних параметрах вібраційних впливів бетонні суміші теж поведуться як ньютонівські системи (як і кормосуміші). Виходячи з цього, доцільно прийняти у якості математичної моделі коливань кормосуміші рівняння Стокса ізотермічного руху ньютонівської в'язкої рідини, яка не стискується:

$$\frac{\partial \vec{V}}{\partial t} + (\vec{V} \cdot \nabla) \vec{V} = \vec{F} - \frac{1}{\rho} \overrightarrow{\text{grad}} p + \nu \cdot \nabla^2 \cdot \vec{V}, \quad (11)$$

або в проекції на вісь OX (напрямок переміщення кормосуміші шнеком):

$$\frac{\partial V_x}{\partial t} = F_x - \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial P}{\partial x} + \nu \cdot \left(\frac{\partial^2 V_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V_x}{\partial y^2} \right), \quad (12)$$

де (x, y) – декартові координати, V_x – проекція швидкості руху кормосуміші на вісь OX , t – час, F_x – проекція масових сил, ρ – щільність кормосуміші, P – тиск у точці кормосуміші, ν – коефіцієнт кінематичної в'язкості.

Величина $V_x \frac{\partial V_x}{\partial x} \ll \frac{\partial V_x}{\partial t}$, як правило, тому у рівняннях (11), (12) нею можна знехтувати, $F_x = 0$.

У відповідності з [17] замість $\left(-\frac{\partial p}{\partial x} \right)$ у рівняння (12) введено $E \cdot \frac{\partial^2 l}{\partial x^2}$, де E – модуль пружності, l – переміщення елементарного її об'єму, а швидкість розповсюдження коливань у пружнов'язкому середовищі із врахуванням роботи [13] може бути подана у виді $c \approx \sqrt{E/\rho}$. Тоді рівняння (12) набуває виду [7]:

$$\frac{\partial V_x}{\partial t} = c^2 \cdot \frac{\partial^2 l}{\partial x^2} + \nu \cdot \left(\frac{\partial^2 V_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V_x}{\partial y^2} \right), \quad (13)$$

де $V_x = \frac{\partial l}{\partial t}$ – швидкість переміщення елементарного об'єму середовища (кормосуміші) [15].

Динамічний тиск σ визначається у стаціонарному режимі після закінчення фази зміни об'єму кормосуміші за фазового кута $\alpha = wt$ по формулі:

$$\sigma = E \cdot \varepsilon = E \cdot \frac{\partial l}{\partial x}, \quad (14)$$

де ε – відносна деформація, w – кутова швидкість [4].

Фізичний зміст фазового кута полягає у зміні граничних умов у часі за періодичним законом.

Як відомо, в'язке тертя (внутрішнє тертя) – це тертя між прошарками суцільного середовища, яке коливається, тому замість другого члена у правій частині рівняння (13), особливо для високих стовпів кормосуміші, можна прийняти $\nu \frac{\partial^2 V_x}{\partial y^2}$, де y – координата, що

перпендикулярна напрямку руху кормосуміші (під дією шнека), тобто координаті x .

Отже, із врахуванням (13) процес формоутворення (й зміни форми) кормосуміші (при симетричних вертикально спрямованих коливаннях) можна подати у вигляді:

$$\frac{\partial V_x}{\partial t} = c^2 \cdot \frac{\partial^2 l}{\partial x^2} + v \cdot \frac{\partial^2 V_x}{\partial y^2}. \quad (15)$$

Хоча більш точним є рівняння (13).

Зміна концентрації компоненти суміші при коливаннях системи визначається з рівняння дифузії Ейнштейна-Колмогорова [18], яке іноді називають рівнянням Фоккера-Планка [14, 15]:

$$\frac{\partial W}{\partial t} = -V \cdot \frac{\partial W}{\partial x} + D \frac{\partial^2 w}{\partial x^2}, \quad (16)$$

де W – об'ємна концентрація компоненти суміші; D – коефіцієнт дифузії у напрямку руху шнека (вісь Ox); V – швидкість руху шнека (у напрямку вісі Ox), величина якої незмінна у часі й задається технологічними вимогами транспортування кормосуміші лотка.

Отже, вихідна математична модель процесу розповсюдження симетричних коливань у двофазному середовищі (сама кормосуміш+диффундуючий у ній конкретний компонент) має вид:

$$\begin{cases} \frac{\partial V_x}{\partial t} = c^2 \cdot \frac{\partial^2 l}{\partial x^2} + v \cdot \frac{\partial^2 V_x}{\partial y^2}; \\ \frac{\partial W}{\partial t} = -V \cdot \frac{\partial W}{\partial x} + D \frac{\partial^2 w}{\partial x^2}, \end{cases} \quad (17)$$

де $c^2 = \frac{E(x,t)}{\rho} = \text{var}$; $\rho = f_1(W)$; $c = f_2(W)$; $v = f_3(A, w, W, V) = \text{var}$.

Щільність кормосуміші, у якій є додатковий «розчинений» у ній компонент, має вид:

$$\rho = \rho_c \cdot (1 + W), \quad (18)$$

де ρ_c – щільність кормосуміші за відсутності додаткового, «розчиненого» у ній компонента. Модуль пружності кормосуміші з додатковим компонентом має вид:

$$E(x,t) = \frac{E_c}{1 + \frac{E_c}{E_k} \cdot W}, \quad (19)$$

де E_c – модуль пружності кормосуміші без нового компоненту, E_k – модуль пружності компоненту.

Із врахуванням (18), (19) швидкість розповсюдження коливань у кормосуміші подається у вигляді:

$$C = \frac{C_c}{\sqrt{(1+W) \cdot \left[1 + \left(\frac{C_c}{C_k} \right)^2 \cdot \frac{\rho_c}{\rho_k} \cdot W \right]}}, \quad (20)$$

де C_c – швидкість розповсюдження коливань у кормосуміші без компонента; C_k – швидкість розповсюдження коливань у компоненті; ρ_k – щільність компонента.

Висновки

1. Отримана адекватна математична модель процесу вібраційного транспортування кормосумішей, а саме швидкість розповсюдження коливань у кормосуміші.

2. Отримані у роботі результати можуть у подальшому слугувати для уточнення й вдосконалення існуючих інженерних методів розрахунку систем вібротранспортування кормосумішей.

Список літератури

1. Альберт И.У. О реологических моделях вибрируемой бетонной смеси / И.У. Альберт, О.А. Савинов // Известия Всесоюз. научно-исслед. ин-та гидротехники. – Л., 1974. – Т. 105. – С. 136–146.
2. Блехман И.И. Действие вибраций на механические системы / И.И. Блехман // Вибротехника. – Вильнюс: Минтис, 1973. – №3 (20). – С. 369–374.
3. Блехман И.И. Метод прямого разделения движений в задачах о действии вибрации на нелинейные механические системы / И.И. Блехман // Известия АН СССР. Серия: Механика твердого тела. – 1976. – № 6. – С. 13–27.
4. Блехман И.И. Синхронизация динамических систем / И.И. Блехман. – М.: Наука, 1971. – 894 с.
5. Вибрации в технике: Справочник. В 6-ти томах / Ред. совет: В.Н. Челомей (ред.). – М.: Машиностроение, 1979. – Т. 2. Колебания нелинейных механич. систем / Под ред. И.И. Блехмана. – 1979. – 351 с.
6. Ганиев Р.Ф. Динамика частиц при воздействии вибраций / Р.Ф. Ганиев, Л.Е. Украинский. – К.: Наукова думка, 1975. – 168 с.
7. Грушко И.М. Математическое моделирование реологического поведения бетонных смесей при виброформовании / И.М. Грушко, Б.А. Лишанский, А.С. Петров // В кн.: Реология бетонных смесей и ее технологические задачи. – Рига, 1979. – С. 210–212.
8. Куннос Г.Я. Вибрационная технология бетона / Г.Я. Куннос. – Л.: Строиздат, 1967. – 168 с.
9. Липовский М.И. Об одном виде вибрационного перемещения сыпучей среды / М.И. Липовский // Известия АН СССР. Серия Механика твердого тела. – 1969. – №3. – С. 3–9.
10. Лишанский Б.А. Исследование виброуплотнения дисперсных систем / Б.А. Лишанский, Б.П. Осмачкин, Н.В. Михайлов, П.А. Ребиндер // Доклады АН СССР. – 1969. – Т. 184, №4. – С. 900–903.
11. Лишанский Б.А. Исследование реологических свойств дисперсных структурированных систем при вибрационном перемещении / Б.А. Лишанский, Н.В. Михайлов, П.А. Ребиндер // Доклады АН СССР. – 1968. – Т. 181, №6. – С. 1436–1439.

12. Лишанский Б.А. Физико-химическая механика бетона – научная основа вибрационного перемещения бетонных смесей / Б.А. Лишанский, Н.В. Михайлов // Доклады АН СССР. – 1967. – Т. 175, №5. – С. 1101–1104.
13. Михайлов И.Г. Распространение ультразвуковых волн в жидкостях / И.Г. Михайлов. – М.: Физматгиз, 1949. – 152 с.
14. Петров А.С. Распространение колебаний в высоких столбах уплотняемой бетонной массы / А.С. Петров, Б.А. Лишанский, Э.Э. Рафалес-Ламарка // Известия вузов. Строительство и архитектура. – 1979. – №12. – С. 62–66.
15. Петров А.С. Распространение колебаний в двухфазных дисперсных структурированных системах / А.С. Петров, Б.А. Лишанский // Инженерно-физический журнал. – 1979. – Т. 37, №4. – С. 613–619.
16. Рафалес-Ламарка Э.Э. Математическое моделирование процесса продольно-горизонтального виброформования лёгких бетонов / Э.Э. Рафалес-Ламарка, Б.А. Лишанский, А.С. Петров // Горные, строительные и дорожные машины. – К.: Техника, 1980. – Вып. 29. – С. 80–83.
17. Седов Л.И. Механика сплошной среды / Л.И. Седов. – М.: Наука, 1973. – Т. 2. – 584 с.
18. Тихонов А.Н. Уравнения математической физики / А.Н. Тихонов, А.А. Самарский. – М.: Наука, 1966. – 724 с.
19. Членов В.А. Сушка сыпучих материалов в виброкипящем слое / В.А. Членов, Н.В. Михайлов. – М.: Строиздат, 1967. – 224 с.

Приведена математическая модель процесса вибрационного транспортирования кормосмесей. Установлены основные виброреологические характеристики кормосмесей в процессе их транспортирования.

Математическое моделирование, вибрация, транспортирование, кормосмесь.

The mathematical model of process of vibrotransportation of mixes is given. The main vibrorheological characteristics of mixes in process of transportation are established.

Mathematical modeling, vibration, transportation, feed mixture.

УДК 631.171:519.87

ОСНОВНІ МЕТОДИ ПОШУКУ ТА ОТРИМАННЯ ІНФОРМАЦІЇ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ МОНІТОРИНГУ В АПК УКРАЇНИ

**В.Н. Большаков, кандидат юридичних наук
О.О. Броварець, кандидат технічних наук**

© В.Н. Большаков, О.О. Броварець, 2014

12. Лишанский Б.А. Физико-химическая механика бетона – научная основа вибрационного перемещения бетонных смесей / Б.А. Лишанский, Н.В. Михайлов // Доклады АН СССР. – 1967. – Т. 175, №5. – С. 1101–1104.
13. Михайлов И.Г. Распространение ультразвуковых волн в жидкостях / И.Г. Михайлов. – М.: Физматгиз, 1949. – 152 с.
14. Петров А.С. Распространение колебаний в высоких столбах уплотняемой бетонной массы / А.С. Петров, Б.А. Лишанский, Э.Э. Рафалес-Ламарка // Известия вузов. Строительство и архитектура. – 1979. – №12. – С. 62–66.
15. Петров А.С. Распространение колебаний в двухфазных дисперсных структурированных системах / А.С. Петров, Б.А. Лишанский // Инженерно-физический журнал. – 1979. – Т. 37, №4. – С. 613–619.
16. Рафалес-Ламарка Э.Э. Математическое моделирование процесса продольно-горизонтального виброформования лёгких бетонов / Э.Э. Рафалес-Ламарка, Б.А. Лишанский, А.С. Петров // Горные, строительные и дорожные машины. – К.: Техника, 1980. – Вып. 29. – С. 80–83.
17. Седов Л.И. Механика сплошной среды / Л.И. Седов. – М.: Наука, 1973. – Т. 2. – 584 с.
18. Тихонов А.Н. Уравнения математической физики / А.Н. Тихонов, А.А. Самарский. – М.: Наука, 1966. – 724 с.
19. Членов В.А. Сушка сыпучих материалов в виброкипящем слое / В.А. Членов, Н.В. Михайлов. – М.: Строиздат, 1967. – 224 с.

Приведена математическая модель процесса вибрационного транспортирования кормосмесей. Установлены основные виброреологические характеристики кормосмесей в процессе их транспортирования.

Математическое моделирование, вибрация, транспортирование, кормосмесь.

The mathematical model of process of vibrotransportation of mixes is given. The main vibrorheological characteristics of mixes in process of transportation are established.

Mathematical modeling, vibration, transportation, feed mixture.

УДК 631.171:519.87

ОСНОВНІ МЕТОДИ ПОШУКУ ТА ОТРИМАННЯ ІНФОРМАЦІЇ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ МОНІТОРИНГУ В АПК УКРАЇНИ

**В.Н. Большаков, кандидат юридичних наук
О.О. Броварець, кандидат технічних наук**

© В.Н. Большаков, О.О. Броварець, 2014

В статті проведений системний аналіз методів пошуку та отримання інформації найбільш ефективних методів моніторингу (контролінгу та консалтингу, „ділової розвідки”, бенчмаркінгу), інформаційно-пошукової діяльності, науково-технічної літератури та виявлені можливостей їх використання для моніторингу в АПК України.

Моніторинг, методи, пошук, бенчмаркінг, інформація, агропромисловий комплекс.

Постановка проблеми. Згідно з опитуванням 325 американських компаній, проведеним Американським Товариством безпеки промисловості, в 1995 р. крадіжка конфіденційної інформації відбувалася, в середньому, 32 рази на місяць, внаслідок чого загальний збиток склав більше 5 млрд. доларів. Більшість інцидентів (74%) були викликані з середини (тобто тими людьми, у яких були довірчі відносини з співробітниками, зобов'язаними зберігати конфіденційну інформацію), тобто службовцями, діловими партнерами, контрагентами, постачальниками, колишніми службовцями та звільненими співробітниками. У 36% випадків, винними були місцеві конкуренти, іноземні конкуренти та розвідка, комп'ютерні хакери. Серед розвинених країн найбільшому ризику піддаються компанії Англії, Канади, Німеччини, Японії, Китаю і Франції. Найбільшим попитом серед конфіденційної інформації користуються довгострокові бізнес- та маркетинг-плани, технологічні процеси та відомості про нові розробки та дослідження перспектив розвитку [1].

Зазначене свідчить про те, що безпека інформаційного забезпечення є необхідною складовою будь-якої господарської (бізнесової) діяльності.

Аналіз останніх досліджень. Один з найбільш суттєвих етапів 10-етапного процесу бенчмаркінгу (моніторингу) - збір даних та інформації, що складає сутність процесу бенчмаркінгу. При проведенні будь-якого дослідження для фахівців інформаційно-пошукової діяльності становить інтерес не тільки сама інформація, а й джерела її отримання. Фахівцям, що проводять бенчмаркінг, варто мати чітке уявлення про те, які ці інформаційні джерела, чому їхнє використання становить інтерес і як їх варто використовувати [2].

В наш час, майже вся конфіденційна (секретна) ділова інформація може бути отримана без використання незаконних методів. Легальні і нелегальні методи збору секретної бізнес інформації можуть бути класифіковані, як методи моніторингу (бенчмаркінгу, конкурентної та ділової розвідки). На сучасному етапі розвитку суспільства для відкритого отримання бізнес інформації

найбільш ефективними є використання експертів, мереж та картотек, що містять інформацію про ділові відносини минулих періодів роботи будь-якої фірми, або галузі економіки.

Мета досліджень. Ця стаття має дві мети: одна з них складається в описуванні можливих джерел інформації, друга полягає в розгляді проблеми їх використання для проведення бенчмаркінгу. Найбільш досвідченими фахівцями в цій галузі є бібліографи (в Україні це співробітники, відповідальні за інформаційно-пошукову діяльність), що пройшли спеціальну підготовку і є експертами в області пошуку інформації [2].

З метою систематизації джерел інформації необхідно вирішити, які саме джерела потрібно використовувати для отримання необхідної інформації. Загально відомо, що таку інформацію можуть надати особи, що володіють відповідними знаннями про стан справ та основні тенденції розвитку в конкретній галузі економіки або виробництва, і природно, є експертами в цій галузі економіки, науки або техніки [2].

Результати досліджень. Інформацію про результати та тенденції розвитку, вибраної для дослідження галузі економіки, виробництва чи науки можна отримати при аналізі взаємовідносин між учасниками економічних відносин, зв'язків внутрішніх структур суб'єкта, відповідальних за ефективність і якість роботи. З приводу вивчення результатів, критеріїв ефективності та отримання вичерпних джерел інформації, необхідно звертатися до організацій, що займаються статистичною обробкою даних у сфері продуктивності праці й ефективності виробництва продукції в конкретній галузі економіки.

Згідно Закону України про експертизу – експертом є фахівець з конкретної галузі знань, техніки або ремесла. В зв'язку з зазначеним, співробітники статистичних структур також є експертами.

Таким чином, розглянувши загальну схему процесу розвитку конкретної галузі економіки, експерти можуть приступати до визначення необхідних джерел інформації. Цей підхід не є традиційним, але з його допомогою можна знайти нові джерела інформації. Після цього фахівці з проведення бенчмаркінгу можуть визначити і нові способи отримання інформації.

Для підвищення ефективності бенчмаркінгу необхідно розробити план збору інформації. Систему збору даних необхідно ретельно спланувати. Як правило, планування процесу бенчмаркінгу вимагає часу, і грошей. Експерту необхідно визначити, які з числа доступних джерел інформації можуть виявитися найбільш ефективними. В процесі дослідження джерел інформації доцільно використовувати «рух від простого до складного», тобто рухатися

від недорогих джерел інформації до використання джерел, що потребують значних матеріальних витрат. При використанні такого підходу експерт, насамперед, використовує усі внутрішні джерела інформації, до яких відносяться електронні і загальнодоступні бази даних. Другою сукупністю джерел інформації, що може бути досить великою, є джерела зовнішні. Такі джерела включають широке коло експертів у даній галузі і ті структури, що в силу специфіки своєї діяльності мають особливі знання про товари і послуги. Ця остання група має вторинну інформацію, будучи свого роду джерелом для джерела, і, найчастіше, виступає в ролі постачальника інформації про відносини між партнерами, що можуть також бути джерелом дослідження при проведенні бенчмаркінгу.

Третя й остання категорія інформаційних джерел, робота з якими є найбільш складною, це оригінальні дослідження, що проводились по спеціальному замовленню, яке передбачає розробку завдання, його виконання й аналіз, і цей процес може бути досить дорогим і трудомістким. Експертам необхідно визначити потенційні джерела інформації в кожній із трьох категорій та проаналізувати їх, прийняти рішення про можливу цінність кожного джерела з погляду проведення дослідження, а також визначити потенційні недоліки або проблеми у його використанні. Ці задачі визначають подальший напрямок роботи експертів і є основою взаємодії з професіоналами в сфері пошуку інформації. Таким чином, ця “матриця” допоможе експертові визначити пріоритети при проведенні дослідження.

Подібна схема, яка визначає підхід до пошуку джерел інформації як рух від легкодоступної інформації до інформації менш доступної, є безперечно новою і забезпечує більш повне дослідження та розуміння інформаційних джерел.

В першу чергу необхідно звернутися до внутрішніх джерел інформації. Як правило, під джерелом інформації, насамперед, розуміють джерела зовнішні. Проте іноді навіть важко уявити, яка інформація прямого, а найчастіше, непрямого характеру мається в середині самої організації.

Аналізуючи конкретний процес розвитку економіки, доцільно, звернутися до безпосередніх учасників цього процесу, а також до фахівців, відповідальних за його безпосереднє здійснення. Необхідно з'ясувати, що їм відомо і до яких джерел інформації, на їх погляд, варто звернутися. Слід мати на увазі, що завжди існує архівна інформація, в тому або іншому вигляді – або вона систематизована й заархівована офіційно, або розсіяна по шафах, полицях та робочим столам співробітників. Основний принцип бенчмаркінгу полягає в наступному: ті особи, що мають

безпосереднє відношення до процесу, знають про нього більше всіх, саме до них слід звернутися в першу чергу.

Функціональними експертами є співробітники організації, що мають спеціальні знання в силу свого службового становища. Це можуть бути інженери з питань організації виробництва, інженери-технологи, фахівці з дистрибуції товарів або аналітики, в обов'язку яких входить постійне удосконалення діяльності організації. Функціональні експерти мають інформацію про останні досягнення у своїй сфері діяльності, інформацію, яку вони отримують через періодичні видання, на конференціях та завдяки участі в професійних об'єднаннях фахівців. Вони можуть брати участь в діяльності групи експертів по проведенню бенчмаркінгу. Щонайменше, цим фахівцям варто поставити запитання про те, якими джерелами інформації необхідно, на їх погляд, скористатися. Можуть існувати спеціальні дослідження в області обслуговування клієнтів або галузеві порівняльні дослідження різних процесів, в яких брали участь фахівці і які можуть допомогти і експерту з бенчмаркінгу знайти нове бачення процесу.

Інформаційні мережі та картотеки, що містять інформацію про минулі періоди, з значною ефективністю можна використовувати для проведення бенчмаркінгу. На сучасному етапі розвитку суспільства, поряд з ростом зацікавленості в бенчмаркінгу, спостерігається значне збільшення кількості баз даних, які зберігають інформацію про минулі періоди розвитку в різних галузях виробництва, науки і техніки. Таким чином, ця інформація стає доступною широкій аудиторії користувачів електронних мереж. Найчастіше такі мережі формуються призначеними особами, або спеціалізованими організаціями, що займаються збором та поширенням інформації в межах своєї мережі.

Такі бази даних, точніше буде назвати базами збереження знань, оскільки вони містять, в основному, інформацію, яка створюється, головним чином, з метою документування, забезпечення зберігання та подальшого використання кращих методів організації виробничих процесів. Бази збереження знань можуть бути досить великими і дозволяють проводити пошук та перехресні посилання по галузях промисловості, процесах виробництва, назвам компаній, будучи значним сховищем інформації, що може бути використана для проведення бенчмаркінгу. Звичайно такі бази носять унікальний характер і створюються за допомогою пошукових програм. Оскільки документи по бенчмаркінгу створюються в електронному вигляді, їхнє збереження та пошук відбувається досить швидко, простим натисканням на піктограму, що являє собою унікальний програмний

інструмент. Крім баз збереження знань, існують електронні мережі та мережі, що складаються професіоналами в сфері бенчмаркінгу. І ті, і інші мережі, будучи внутрішніми, все більше набувають характер мереж зовнішнього користування. Електронні мережі дозволяють поширювати повідомлення (інформацію) для окремих осіб через список розділів, таким чином, мережі об'єднуючу велику кількість професіоналів, забезпечують швидке і своєчасне отримання інформації. Інформація з таких мереж може бути вкрай корисною для компанії, у відношенні до якої група експертів має намір провести бенчмаркінг.

Часто такі мережі містять картотечні шухляди, що містять копії програм, протоколи зборів, звіти про дослідження в сфері бенчмаркінгу, свідчення про досягнення успіхів та інші матеріали, що можуть виявитися корисними з погляду обміну інформацією. Такі матеріали можуть включати наступне: бібліографію усіх робіт, присвячених темі бенчмаркінгу, посилання на всі матеріали внутрішніх джерел для проведення бенчмаркінгу, матеріали служби негайного оповіщення, що представляють інтерес для професіоналів в області бенчмаркінгу, зміст відсканованих ключових публікацій на ту ж тему.

Внутрішні мережі, що представляють організацію, є ще одним значним джерелом інформації при здійсненні бенчмаркінгу. Як правило, існують два типи внутрішніх мереж: інформаційні та операційні. Багато великих компаній проводять семінари по бенчмаркінгу. Такі семінари, звичайно, проводяться протягом одного дня. Програма семінарів надання зацікавленим сторонам інформації про хід проведеного бенчмаркінгу, позитивному досвіду та передових методах роботи в даній області, а також інформацію, що представляє інтерес для професіоналів. На такі зустрічі запрошуються лектори, що представляють нові ідеї і висвітлюють накопичений досвід в даній сфері діяльності. Ціль проведення подібних заходів, насамперед, полягає в обміні інформацією.

Існують також і операційні мережі, метою яких є відновлення інформації про проведені дослідження в області бенчмаркінгу, координація надання інформації про контакти, що допомагає уникати неодноразових разових відвідувань однієї і тієї ж компанії. Операційна мережа забезпечує підтримку команди по проведенню бенчмаркінгу і сприяє успіхові проведених нею досліджень. Існують численні приклади того, як наявність такої мережі допомогла знайти потенційно слабкі місця при проведенні бенчмаркінгу або допомогла двом організаціям провести спільні дослідження. Мережа також забезпечує взаємну підтримку її користувачів, надаючи можливість обмінюватися ідеями та пропозиціями при особливо складних

ситуацій. При проведенні бенчмаркінгу, доцільно звертатися до загально доступних джерел інформації.

Джерела інформації, що є загальним надбанням, досліджуються співробітниками внутрішніх бібліотек (інформаційних бюро) компанії (в Україні експертними групами фірми) або за допомогою залучення сторонніх організацій (бюро інформаційного обслуговування). Перехід від старих карткових каталогів до електронних баз даних в значній мірі полегшив доступ до відкритої інформації. Тільки в Сполучених Штатах кількість електронних баз даних перевищує 5000. В інших країнах спостерігається деяке відставання в цій області, але не за горами ті часи, коли пошук інформації в усьому світі буде робитися електронним способом. Базы даних будуть здобувати все більше значення завдяки обсягові інформації, що утримується в них. Інформація з бенчмаркінгу може набувати форму традиційних статей і книг або може утримуватися на інших носіях інформації, включаючи відеозапис, аудіо-касети та програмне забезпечення. Зазначену інформацію можна одержувати при використанні фондів бібліотек різного формування, що існують в Україні. Іноді інформаційний потенціал бібліотеки недостатній. Так, наприклад, в США для проведення бенчмаркінгу існують бюро обслуговування, що проводять дослідження на договірній основі. Такі бюро найчастіше представляють організації, що користуються великими базами даних. Крім того, існують компанії, що спеціалізуються на наданні послуг у сфері бенчмаркінгу або пошуку інформації. Вони часто мають у своєму розпорядженні спеціальні можливості, наприклад, доступом до урядових видань або користуються зв'язками з урядовими інформаційними організаціями. Подібні компанії можуть здійснити повний пошук інформації для груп експертів фірми-замовника. В Україні функції бюро обслуговування можуть виконувати інформаційно-пошукові підрозділи науково-дослідних інститутів та науково-дослідні підрозділи навчально-наукових університетів та інститутів, а також відділи створення каталогів великих публічних та наукових бібліотек.

Існують сторонні організації та професіонали, що надають вичерпну та обґрунтовану інформацію. До них відносяться консультанти, спостерігачі, фінансові аналітики, асоціації фахівців, провайдери програмного забезпечення. В Україні таких фахівців можна знайти у тих же науково-дослідних інститутах та навчально-наукових університетах та інститутах. За останні роки набули популярності статті в професійних періодичних виданнях, присвячені досвіді компаній, що практикують найкращі методи роботи. З розвитком бенчмаркінгу спостерігається значне збільшення кількості статей, в яких описується сам процес та наводяться приклади його

практичного застосування. Істотним доповненням до існуючих можливостей бенчмаркінгу є послуги окремих фахівців, що також можуть надати значну допомогу. У результаті скорочень, проведених у великих корпораціях, утворився резерв висококваліфікованих експертів в галузі проведення бенчмаркінгу. Такі експерти мають знання та досвід, якими можуть поділитися з початківцями або з тими, кому необхідна допомога в цій області. Ці професіонали являють собою винятковий фаховий ресурс. Існує необхідність їх об'єднання та створення доступної мережі, яка б надавала систематизовану інформацію про їх можливості. В якості прикладу використання експертів, що знаходяться в резерві, можна навести випадок, який мав місце на закритому семінарі по розробці атомної бомби за участю І.В. Курчатова. Згідно зі спогадами академіка Є.Л. Фейнберга, після його виступу стосовно приладу для збільшення нейтронів в урано-вуглецевому середовищі, в якому він розкрив конструкцію приладу та навів розмір уранового стрижня, І.В. Курчатов, не являючись фахівцем по урановим стрижням, порекомендував збільшити отвір у стрижні. Є.Л. Фейнберг перевірів розрахунки і виявив доцільність пропозиції І.В. Курчатова. У своїх спогадах Є.Л. Фейнберг зазначив: «...Я знав, что Курчатов не специалист по этим стержням, и понял, что такие тонкости могли появиться у него откуда-то, так сказать, со стороны. Но не от наших сотрудников: все их положения мне были знакомы...».

І.В. Курчатов прямо вказував, що інформація агента з Лос-Аламосу (Фукса) по водневій бомбі дала можливість почати ці роботи в СРСР раніше ніж в США.

Зазначене свідчить, що експерти з науки та техніки, яких тримають в резерві, завжди можуть знайти собі застосування завдяки праці фахівців з бенчмаркінгу (моніторингу, конкурентної розвідки).

Висновки

Значну роль в процесі бенчмаркінгу, в розвинених країнах грають, аналітики. Вони також згідно з „Законом України про експертизу” є експертами. Звіти аналітиків містять інформацію про аналіз фінансового стану компаній і короткі огляди положення справ в галузях промисловості. Найчастіше аналітики володіють особливими знаннями відносно діяльності компаній, які вони аналізують. Загальною практикою є розробка експертами спеціальних коротких оглядів діяльності компанії та завдань, які повинні виконуватись цією компанією. Така інформація може включати відомості про тактико-технічні характеристики продукції, оцінку нових можливостей, запропонованих ринком та аналіз сильних та слабких сторін компанії. Ці унікальні знання можуть бути

використані для демонстрації та підтвердження прикладів, гідних для копіювання, не порушуючи при цьому встановлених правил і не зловживаючи довірою. Варто враховувати й те, що великі компанії мають розвинуту мережу економічної й політичної розвідки, мають свої видання й «своїх» журналістів. Журналістика й питання економічної розвідки та контррозвідки, формування іміджу, престижу й рейтингових оцінок надзвичайно тісно пов'язані.

У процесі виявлення необхідної інформації треба звернути увагу на наступне: кількість публікацій позитивного й негативного характеру про фірму, що досліджується та її найбільш вагомих конкурентів; чи існує монополізація теми (розробка теми постійно конкретними виданнями); постійність авторів (розробка певних тем конкретними журналістами).

Метод, необхідний для підготовки об'єктивних оцінок інформації з використанням преси, системний аналіз фактів, перевірка фактів з різних джерел, системний аналіз та перевірка натяків з різних джерел, слухів, думок, версій, прізвищ, з використанням ключових слів (продукт, засіб використання тощо) з: вітчизняних відкритих джерел інформації; закордонних відкритих джерел; промислових і комерційних звітів.

Аналіз матеріалів ЗМІ також повинен проводитись аналітиками-експертами по роботі зі ЗМІ. В якості прикладу використання експертів для проведення бенчмаркінгу в АПК України, можна навести приклад збору інформації про збирання сільськогосподарської продукції студентами у розвинених країнах, які проходять в цих країнах виробничу практику. Цю інформацію доцільно використовувати для залучення студенті-практикантів до збирання сільськогосподарської продукції в АПК України.

Зазначене свідчить про те, що використання експертів, інформаційних мереж та картотек, що містять інформацію про минулі періоди діяльності досліджуваної фірми є необхідним та найбільш важливим методом для проведення моніторингу (бенчмаркінгу) в АПК України.

Список літератури

1. *Парад Б.* Коммерческий шпионаж / *Б. Парад.* – М.: Проспект, 2005. – 159 с.
2. *Роберт С. Кэмп.* Легальный промышленный шпионаж / *Роберт С. Кэмп.* – Днепропетровск: Баланс-клуб, 2004. – 497 с.
3. *Шляхтерман В.* Крестница Зорге / *В. Шляхтерман* // Совершенно секретно. – 2007. – №5. – С. 16–17.

В статье проведенный системный анализ методов поиска и получения информации наиболее эффективных методов

мониторинга (контролингу и консалтинга „деловой разведки”, бенчмаркингу), информационно-поисковой деятельности, научно-технической литературы и выявлены возможности их использования для мониторинга в АПК Украины.

Мониторинг, методы, поиск, бенчмаркинг, информация, агропромышленный комплекс.

In paper there is conducted systems analysis of methods of search and receipt of information of the most effective methods of monitoring (kontrolingu and consulting „business secret service”, benchmarkingu), informatsionno-poiskovoy activity, scientific and technical literature and are exposed possibilities of their use for monitoring in APC of Ukraine.

Monitoring, methods, search, benchmarking, information, agroindustrial complex.

УДК 674.815

МОНІТОРИНГ ТЕНДЕНЦІЙ РОЗВИТКУ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТУ ЛІСОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ

А.В. Новицький, кандидат технічних наук

Розглянуто питання моніторингу систем технічного обслуговування і ремонту машин. Проаналізовано дослідження та публікації з питань, яких торкається ця тема. Обґрунтовано основні складові та інформаційне забезпечення системи моніторингу.

Техніка, моніторинг, машини, технічне обслуговування, ремонт.

Постановка проблеми. Ефективність функціонування лісового комплексу України значною мірою визначається його технічним оснащенням, і в першу чергу це відноситься до лісозаготівельних підприємствам. Одним із основних напрямів збалансованого розвитку лісового господарства, спрямованих на посилення екологічних, соціальних та економічних функцій лісів є використання природозберігаючих систем машин та механізмів [1, 2, 8, 14]. Обсяги продукції, робіт та послуг лісового господарства в Україні з кожним роком зростають, і в 2013 році становили 6363,9 млн. грн., що майже у 2 рази більше, ніж у 2007 році (3382,7 млн. грн.) [11].

© А.В. Новицький, 2014

мониторинга (контролингу и консалтинга „деловой разведки”, бенчмаркингу), информационно-поисковой деятельности, научно-технической литературы и выявлены возможности их использования для мониторинга в АПК Украины.

Мониторинг, методы, поиск, бенчмаркинг, информация, агропромышленный комплекс.

In paper there is conducted systems analysis of methods of search and receipt of information of the most effective methods of monitoring (kontrolingu and consulting „business secret service”, benchmarkingu), informatsionno-poiskovoy activity, scientific and technical literature and are exposed possibilities of their use for monitoring in APC of Ukraine.

Monitoring, methods, search, benchmarking, information, agroindustrial complex.

УДК 674.815

МОНІТОРИНГ ТЕНДЕНЦІЙ РОЗВИТКУ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТУ ЛІСОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ

А.В. Новицький, кандидат технічних наук

Розглянуто питання моніторингу систем технічного обслуговування і ремонту машин. Проаналізовано дослідження та публікації з питань, яких торкається ця тема. Обґрунтовано основні складові та інформаційне забезпечення системи моніторингу.

Техніка, моніторинг, машини, технічне обслуговування, ремонт.

Постановка проблеми. Ефективність функціонування лісового комплексу України значною мірою визначається його технічним оснащенням, і в першу чергу це відноситься до лісозаготівельних підприємствам. Одним із основних напрямів збалансованого розвитку лісового господарства, спрямованих на посилення екологічних, соціальних та економічних функцій лісів є використання природозберігаючих систем машин та механізмів [1, 2, 8, 14]. Обсяги продукції, робіт та послуг лісового господарства в Україні з кожним роком зростають, і в 2013 році становили 6363,9 млн. грн., що майже у 2 рази більше, ніж у 2007 році (3382,7 млн. грн.) [11].

© А.В. Новицький, 2014

Слід зазначити, що вказані обсяги сформовані за рахунок зростання обсягів лісозаготівель, які відповідно зросли з 3530,2 млн. грн. у 2010 році до 4095,8 млн. грн. у 2013 році, маючи ще кращі результати в 2011 та 2012 роках.

Однією з основних тенденцій розвитку лісозаготівельної галузі є наростаюча швидкість зміни технологій, що веде за собою введення нових видів устаткування – багатофункціонального, більш досконалого. Зростаючому технічному рівню лісозаготівельних машин (ЛЗМ) та засобів для переробки деревини (ЗПД) повинна відповідати і більш розвинена система забезпечення працездатності машин. В сучасних умовах тенденціями розвитку ЛЗМ та ЗПД є ускладнення їх конструкції, поява нових видів машин, які можна представити як складні технічні системи «Людина – Машина – Середовище» (СТС «ЛМС»). Засоби системи технічного обслуговування і ремонту (СТОР) і технічного сервісу (ТС) повинні бути готові до забезпечення працездатності парку цих машин, що можливо тільки на підставі використання сучасних технологій управління працездатністю. Одним з перспективних напрямків розвитку СТОР і ТС є залучення заводів-виготовлювачів машин і устаткування в систему реалізації СТОР своєї продукції в гарантійний та післягарантійний періоди експлуатації.

Аналіз останніх досліджень. Можна виділити кілька основних шляхів у цьому напрямку: розвиток мережі фірмових центрів ТС і підвищення технічного рівня експлуатаційних баз лісозаготівельних підприємств. Заводи-виготовлювачі ЛЗМ та ЗПД повинні вирішувати питання забезпечення своїх виробів нормативно-технічною документацією, запасними частинами, післягарантійним обслуговуванням.

Досвід створення і використання ЛЗМ та ЗПД показує, що без урахування цілої гамми чинників, таких як: діючі навантаження, забруднення, дія активних середовищ, дефекти та пошкодження, які накопичені в деталях під час виготовлення та проведення ремонтно-профілактичних робіт неможливо виробляти якісні і конкурентоздатні машини. Виходячи з цього, науковцями проводяться дослідження з оцінки та забезпечення показників надійності ЛЗМ та ЗПД, як СТС «ЛМС». Окремі методики розрахунку та підвищення показників надійності ЛЗМ та ЗПД на основі експериментальних досліджень та випробування окремих деталей, агрегатів і машин в цілому відображено в друкованих працях [3, 5, 10, 12].

Так, в книзі під редакцією професора Амалицького В.В. [1] запропоновано аналітичні залежності для визначення кількісних і якісних показників надійності машин та обладнання лісового комплексу. Як зазначають автори наукових статей [8, 9, 14],

надійність є вирішальним показником, який визначає якість і продуктивність роботи технологічного обладнання, яке працює в автоматизованому виробництві, де відмова хоча б одного елемента веде до зупинки дільниці або всього цеху. Обладнання для виробництва деревостружкових плит представляє собою комплекс автоматичних ліній об'єднаних в одну систему [14], працює безперервно і має наступні показники: напрацювання на відмову обладнання для піддонного способу становить 7,93 год., а для без піддонного – 3,28 год. Середня тривалість відновлення роботи ліній становить для піддонного способу – 0,97 год., а для без піддонного – 1,1 год. За результатами експлуатаційних досліджень, які представлено в [8], встановлено, що для рубальних машин „Раума 8-3000” та стружкових верстатів ДС-7, напрацювання на відмову яких становить відповідно, 150,4 год. та 734,6 год. Авторами наукових робі [8, 14] акцентується увага на тому, що для забезпечення працездатності стружкових верстатів та рубальних машин запропоновано комплекс заходів, які включають: підвищення зносостійкості і довговічності накладок ножового диска і кріпильних деталей за рахунок покриття поверхонь зносостійким матеріалом і використанням фрикційного зміцнення; очищення сировини перед подачею в машину; удосконалення конструкції металошукача; підвищення довговічності ситових пластин. Але, разом з тим, розглядаючи заходи із забезпечення надійності складових «машина» та «середовище» дільниць і цехів з виробництва деревостружкових плит, авторами не розглядається така важлива складова СТС, як «людина-оператор».

Як зазначається в [2, 13], період експлуатації ЛЗМ 40% від загального числа відмов становлять виробничі відмови, 33% – експлуатаційні, 20% – конструктивні, 7% – в результаті «морального» старіння. Надійність ряду елементів ЛЗМ, як показали спостереження в рядовій експлуатації [2, 13], недостатня, а показники довговічності розподіляються в досить широких межах. Так, 80%-е напрацювання до ресурсної відмови з довірчою ймовірністю 90% становить: для балансирів – 2100 мото-год.; для пружин підвіски – 2200 мото-год.; для різних шестерень трансмісії в межах від 1700 до 2900 мото-год. Заслужовують на увагу розробки автора, в яких з використанням теорії масового обслуговування обґрунтовано моделі забезпечення надійності ЛЗМ шляхом організації технічного сервісу пересувною майстернею. Це дозволяє забезпечувати високий рівень технічного використання ЛЗМ. Але, як показує аналіз, в наукових дослідженнях не розглядається така важлива компонента у забезпеченні надійності СТС, як персонал

пересувної майстерні та інженерно-технічної служби підприємств лісового комплексу.

Важливим напрямком в забезпеченні якості послуг з ТОР і ТС являється підготовка і підвищення кваліфікації кадрів працівників лісового комплексу. Значний вклад в організаційно-методичні основи підготовки кадрів внесли наукові дослідження [3, 5]. Але, для систем технічного сервісу, ТО і ремонту ЛЗМ та ЗПД ці питання є мало вивченими. Для вирішення поставленої в статті мети і підвищення надійності та ефективності функціонування машин лісового комплексу в роботі [3, 5] пропонується удосконалити організаційні форми, технологічну підготовку та кадрове забезпечення підприємств. Заслужують увагу науково-практичні дослідження [4, 6], в яких отримана модель технологічної підготовки виробництва сервісних підприємств, а технологічні процеси ТОР і ТС представлені, як складні динамічні системи, які пов'язані в єдину систему: «Машина – Агрегат – Деталі – Засоби технологічного оснащення – Персонал».

Мета досліджень. У зв'язку з викладеним, метою статті є удосконалення методики підвищення експлуатаційної надійності ЛЗМ та ЗПД на основі застосування інформаційних технологій, методів структурного аналізу складних технічних об'єктів, теорії масового обслуговування, логіко-імітаційного моделювання та удосконалення СТОР.

Результати досліджень. В сучасних умовах в лісовому комплексі України мало вивченими є наступні фрагменти функціонування СТС «ЛМС», якими є ЛЗМ та ЗПД: стан існуючого парку машин, в тому числі вторинного з його модернізацією та підвищенням надійності; технологічна підготовка підприємств ТС та ремонтних підприємств; кадрове забезпечення підприємств з урахуванням до якості і оперативності надання послуг. Саме ці основні напрямки вибрані нами для подальших досліджень.

Нами проведено дослідження технічного стану машин в Київській, Житомирській та Чернігівській області у відповідності з методикою проведення моніторингу. До основних способів моніторингу, які необхідні для забезпечення надійності ЛЗМ та ЗПД, як відмічається в наукових дослідженнях [6], відносяться: використання аналізу інформації з відкритих джерел; проведення бенчмаркінгової оцінки виробничих процесів; застосування методів економічних переваг; співпраця з власниками та персоналом підприємств, виконавцями виробничих процесів та операторами; залучення незалежних фахівців; використання методу економічних переваг. Основним із представлених способів моніторингу, як зазначають автори досліджень [4, 6], є аналіз наявної інформації з

відкритих джерел. За результатами аналізу інформації з відкритих джерел, включаючи річні звіти лісогосподарських підприємств, встановлено, що парк технологічних і транспортних машин в лісництвах і лісгоспах мають високий ступінь зносу. Близько 60% відсотків тракторів Т-150К експлуатуються понад 8 років, а за межами 10 років експлуатується 74% тракторів МТЗ-80 (82).

Щодо автомобілів, які використовуються в підприємствах лісового комплексу, результатами проведеного моніторингу встановлено, що близько 65% автомобілів КамАЗ експлуатуються понад 8 років, а за межами 10 років в експлуатації знаходиться близько 85% автомобілів Зил.

Для забезпечення працездатності машин підвищується роль системи ТС і системи ТОР. В цих умовах важливим є формування ринку техніки повторного використання, яка вже була в експлуатації та потребує модернізації або ж проведення впливу ТОР. Проведений аналіз показує, що в останні роки державні лісогосподарські підприємства залучають для роботи транспортні і технологічні машини фізичних осіб та приватних підприємств, для використання яких проводиться комплекс робіт з модернізації та переобладнанням спеціальним оснащенням.

В останні роки у вітчизняній та зарубіжній практиці оцінку технічного рівня машин проводять на таких стадіях життєвого циклу, як проектування, прийняття рішення про серійне виробництво та на стадії серійного виробництва. В той же час недостатньо уваги приділяється оцінці технічного стану ЛЗМ та ЗПД, які знаходяться в експлуатації. Пропонується для формування методології систем ТОР ЛЗМ та ЗПД розглядати їх у взаємозв'язку, як системи, що складаються з підсистем та елементів. З позицій надійності спрощена структурна схема деревоподрібнюючої машина DP 660P може бути зображена у вигляді послідовно з'єднаних складових підсистем: завантажувальний механізм; подрібнювальний механізм; вивантажувальний механізм. Таке представлення правомірне виходячи з того, що відмова будь-якої із підсистем призводить до відмови системи в цілому. В процесі експлуатації ЗПД (деревоподрібнюючої машина DP 660P) може знаходитись в різних станах, обумовлених можливістю її роботи, або необхідністю технічного обслуговування та ремонту. Граф можливих станів деревоподрібнювальної машини в період її експлуатації представлений на рис. 1.

Виходячи з представлених розрахунків, граничні імовірності $P_{пк1}, P_{пк2}, P_{пк3}, P_{пк4}, P_{пк5}, P_{пк6}$ перебування підсистеми ПК в одному із станів $S_1, S_2...S_6$ в залежності від того, який елемент відмовив можемо записати в такому вигляді [7]:

$$\left\{ \begin{array}{l} P_{нк1} = \left(1 + \frac{\lambda_{12}}{\mu_{21}} + \frac{\lambda_{13}}{\mu_{31}} + \frac{\lambda_{14}}{\mu_{41}} + \frac{\lambda_{15}}{\mu_{51}} + \frac{\lambda_{16}}{\mu_{61}} \right)^{-1}; \\ P_{нк2} = \frac{P_{нк1}\lambda_{12}}{\mu_{21}}; \\ P_{нк3} = \frac{P_{нк1}\lambda_{13}}{\mu_{31}}; \\ P_{нк4} = \frac{P_{нк1}\lambda_{14}}{\mu_{41}}; \\ P_{нк5} = \frac{P_{нк1}\lambda_{15}}{\mu_{51}}; \\ P_{нк6} = \frac{P_{нк1}\lambda_{16}}{\mu_{61}}. \end{array} \right. \quad (1)$$

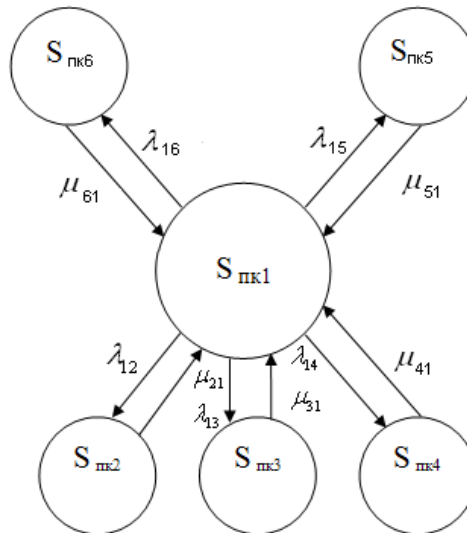


Рис. 1. Граф можливих станів і переходів в них для подрібнювального механізму деревоподрібнюючої машина DP 660P: $S_{пк1}$ – справний стан ПК; $S_{пк2}$ – відмова ножів; $S_{пк3}$ – відмова розпірної втулки; $S_{пк4}$ – відмова підшипників; $S_{пк5}$ – відмова валу; $S_{пк6}$ – відмова трубопроводу.

Інтенсивності відмов λ_{1i} та інтенсивності відновлень μ_{i1} підсистеми ПМ дерево подрібнювальної машини DP 660P із справного стану S_1 в один з станів $S_2, S_3...S_6$ можна розрахувати використавши відповідні формули та прийняті для даних інтенсивностей теоретичні закони розподілу. Нами проведено аналіз надійності подрібнювального механізму DP 660 P. Дисковий подрібнювальний механізм складається з валу, двох рубальних ножів та контр ножа. Попередніми дослідженнями встановлено, що напрацювання на відмову ножів становлять 85-95 тон подрібненої

деревини. Тобто, інтенсивність відмов становить 0,011 – 0,012 1/т. Безвідмовність подрібнювального ротору лімітують ножі. Згідно рекомендацій заводу виробника ножі слід міняти через 18 год. роботи. Фактично, ножі знімають для заточування 1 раз на місяць. Тобто, подрібнювальна машина DP 660 P використовується при знижених параметрах подрібнювального механізму, що призводить до зниження її продуктивності та підвищення витрати електроенергії.

Нами також проведено аналіз технологічної підготовки виробництва підприємств, які забезпечують ТОР ЛЗМ та ЗПД і впливають на забезпечення їх надійності. За результатами моніторингу технологічних процесів, які використовуються на ремонтних підприємствах для забезпечення працездатності техніки встановлено, що найбільш застарілим обладнанням є металоріжуче. Особливо низький коефіцієнт технологічної надійності операцій з механічної обробки деталей. За результатами досліджень встановлено, що в ремонтних майстернях державних підприємств лісового комплексу близько 80% токарних верстатів, 70% фрезерних та свердлильних верстатів використовуються понад 30 років.

Крім оновлення парку та налагодження ремонту слюсарно-механічного обладнання, важливим резервом забезпечення якості механічної обробки деталей є розробка системи забезпечення технічного обслуговування і ремонту (СЗТОР), яка давала б можливість пошуку і використання наступних аналогів: одиничних і групових технологічних процесів, інформацію про трудомісткість процесів, засоби технологічного оснащення, завантаженість обладнання, потребу в інструментах та витратних матеріалах.

Одним із основних показників оцінки ефективності роботи підприємств з ТОР машин є оперативність виконання послуг. Тому, важливим резервом у забезпеченні надійності СТС «ЛМС», якими є лісозаготівельні машини та засоби для переробки деревини є підготовка персоналу для підприємств, які займаються ТОР машин. Виходячи з цього, пріоритетним напрямком досліджень складової СТС «Людина-оператор» є моніторинг: класифікації персоналу підприємств; вимог до рівня кваліфікації та професійно важливих якостей працівників; рівня підготовки та стану підвищення кваліфікації працівників.

Як свідчить практика, на більшості підприємств лісового комплексу України система підвищення кваліфікації не забезпечує регулярного оновлення та поповнення знань працівників. В середньому, в економіці України зайнятий працівник проходить підвищення кваліфікації один раз у 13 років, при чому, у будівництві – раз у 28 років, на транспорті – раз у 12 років, у державному управлінні – раз у 10 років. Але, враховуючи те, що в сучасних

умовах період старіння знань складає в середньому 3-5 років, можна зробити висновок, що існуюча система підвищення кваліфікації працівників не забезпечує оновлення знань, а відповідно і не забезпечує надійність персоналу, як складової СТС «ЛМС». Про актуальність професійної підготовки працівників на підприємстві можна зробити висновки з наступної інформації: періодичність підвищення кваліфікації працівників в Україні в середньому складає близько 11 років, в той час як в Росії – 7 років, у країнах Західної Європи і Японії – 3,5 роки. В таблиці 1 [10-12] представлено динаміку зміни показників підготовки і підвищення кваліфікації кадрів в Україні за окремими видами економічної діяльності, включаючи сільське господарство, мисливство, лісове господарство у 2010–2013 рр. Як показує аналіз, в сільському господарстві, мисливстві, лісовому господарстві спостерігається тенденція зменшення кількості працівників, які за період з 2011 р. до 2013 р. оволодівали новими професіями та підвищували свою кваліфікацію. Найбільший відсоток працівників, які пройшли підготовку і підвищення кваліфікації кадрів в Україні припадає на промисловість. Як показує статистичний аналіз [11], в Україні у 2013 році, за різними видами економічної діяльності на виробництві навчалися новим професіям 196,9 тис. осіб, що складало лише 3,2% штатних працівників від загальної чисельності працюючих, а підвищували кваліфікацію 1020,9 тис. осіб, що складало 9,9%.

1. Показники підготовки і підвищення кваліфікації кадрів в Україні за видами економічної діяльності у 2011–2013 рр. [10-12].

Показники	Роки		
	2011	2012	2013
Сільське господарство, мисливство, лісове господарство			
Навчались новим професіям, тис. осіб	4,3	4,0	4,4
Від облікової кількості штатних працівників, %	0,8	0,7	0,9
Підвищили кваліфікацію, тис. осіб	9,0	9,6	8,1
Від облікової кількості штатних працівників, %	1,6	1,7	1,6
Промисловість			
Навчались новим професіям, тис. осіб	158,5	149,5	138,1
Від облікової кількості штатних працівників, %	5,6	5,4	5,2
Підвищили кваліфікацію, тис. осіб	399,1	402,7	403,3
Від облікової кількості штатних працівників, %	14,0	14,6	15,1

Як показує аналіз, заводи-виробники ЛЗМ та ЗПД повинні вирішувати питання забезпечення своїх виробів нормативно-технічною документацією, запасними частинами, післягарантійним обслуговуванням, навчанням кадрів. В даний час виникає актуальна потреба в наданні підприємствам із заготівлі і переробки деревини інформаційних засобів управління експлуатацією своїх машин та

обладнання. Для підвищення ефективності роботи деревообробних машин ще недостатньо використовується теорія надійності складних систем. Як один із напрямів забезпечення надійності на протязі всіх етапів життєвого циклу машин може бути використано резервування малонадійних підсистем та елементів на основі структурного аналізу їх надійності. Виходячи з цього, доцільно обґрунтувати комплект резервних елементів для подрібнювального механізму, запропонувати способи підвищення довговічності ножів.

Висновок. Актуальність проблеми підвищення надійності ЛЗМ та ЗПД є важливою і багатогранною, тому навіть невеликі результати в напрямку підвищення надійності вказаних засобів та окремі рішення задач в даній галузі придатні для практичного їх застосування. Створення нових методик і підходів для оцінки і забезпечення надійності ЛЗМ та ЗПД є перспективним напрямком в підвищенні працездатності складних технічних систем «ЛМС».

Список літератури

1. *Амалицкий В.В.* Надежность машин и оборудования лесного комплекса : учебник для студентов специальности 170400 [Текст] / *В.В. Амалицкий, В.Г. Бондарь, А.М. Волобаев, А.С. Воякин.* – М.: МГУЛ, 2002. – 279 с.
2. *Андронов А.В.* Повышение эксплуатационной надежности лесозаготовительных машин в условиях республики Коми: автореферат дис. на соискание научн. степени канд. техн. наук: 05.21.01 «Технология и машины лесозаготовок и лесного хозяйства» / *Андронов Александр Викторович* : Поволжский гос. техн. ун-т. – Йошкар-Ола, 2002. – 20 с.
3. *Быков В.В.* Анализ состояния и перспектив развития дилерской деятельности при техническом сервисе / *В.В. Быков* // Вестник Российского государственного аграрного заочного университета, Научный журнал №2 (7). – М., РГАЗУ, 2007. – С. 8–10.
4. *Галицин В.К.* Моделі та технології систем моніторингу в економіці: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра економ. наук: 08.03.02 «Економіко-математичне моделювання» / *В.К. Галицин.* – К., 2001. – 30 с.
5. *Дац Ф.А.* Усовершенствование технической эксплуатации зарубежных лесозаготовительных машин: автореферат дис. на соискание научн. степени канд. техн. наук: 05.21.01 «Технология и машины лесозаготовок и лесного хозяйства» / *Дац Федор Анатоліевич* : Московский гос. ун-т леса. – М., 2011. – 19 с.
6. *Ладиченко В.В.* Принципи і способи моніторингу, які необхідні для підвищення ефективності виробництва в АПК України / *В.В. Ладиченко, В.Н. Большаков, Р.П. Панасюк* // Міліція України, №03-04 (189-190). – 2013. – С. 24–25.
7. *Надійність засобів подрібнення відходів деревини, як складних технологічних систем* / [Новицький А.В., Ревенко Ю.І., Наханьков В.С., Мирець О.С.] // Зб. наук. пр. ЛНТУ. – Луцьк, 2010. – Вип. 20. – С. 223–234.
8. *Полоз В.І.* Обґрунтування показників надійності та розроблення структури ремонтного циклу верстатів для подрібнення деревини: Автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: 05.05.07 «Машини та процеси лісівничого комплексу» / *Полоз Володимир Іванович* : Нац. Львівський ун-т

України. – Львів, 2007. – 20 с.

9. *Сиротов А.В.* Принципы построения модели оптимизации системы технического обслуживания и ремонта поточных линий деревообрабатывающих предприятий: автореферат дис. на соискание научн. степени д-ра. техн. наук: 05.21.05 «Древесноеведение, технология и оборудование деревообработки» / *Сиротов Александр Владиславович* : Московский гос. ун-т леса. – М., 2006. – 38 с.

10. *Статистичний щорічник України за 2011 рік* / За ред. О.Г. Осауленка. – К.: ТОВ «Август Трейд», 2012. – 558 с.

11. *Статистичний щорічник України за 2013 рік* / За ред. О.Г. Осауленка. – К.: Державний комітет статистики України, 2014. – 534 с.

12. *Україна у цифрах у 2012 році.* Статистичний збірник / За ред. О.Г. Осауленка. – К.: Державна служба статистики України, 2013. – 552 с.

13. *Шиловский В.Р.* Обоснование и разработка комплексной системы организации технического сервиса территориально распределенных лесозаготовительных машин: автореферат дис. на соискание научн. степени д-ра техн. наук: 05.21.01 «Технология и машины лесозаготовок и лесного хозяйства» / *Шиловский Вениамин Николаевич* : Петрозаводский гос. ун-т. – Петрозаводск, 2002. – 39 с.

14. *Шостак В.В.* Наукові основи прогнозування технічного стану та обґрунтування структури ремонтного циклу обладнання для виробництва деревостружкових плит: Автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра техн. наук: 05.05.07 «Машины та процеси лісівничого комплексу» / *Шостак Володимир Васильович* : Нац. Львівський ун-т України. – Львів, 1999. – 35 с.

Рассмотрены вопросы мониторинга систем технического обслуживания и ремонта машин. Проанализированы исследования и публикации по вопросам, которых касается эта тема. Обоснованы основные составляющие и информационного обеспечения системы мониторинга.

Техника, мониторинг, машина, техническое обслуживание, ремонт.

The paper is dedicated to problems of monitoring of systems maintenance and repair machine. In paper parsed the researches and publications on problems, which one are encompassed. The main components and also its dataware is grounded.

Technology, monitoring, machinery, technical maintenance, repair.

ВПЛИВ ЗМІНИ РЕЖИМУ РІЗАННЯ БІОЛОГІЧНОГО МАТЕРІАЛУ НА ЯКІСТЬ ОБРОБЛЕНОЇ ПОВЕРХНІ

***В.С. Ловейкін, доктор технічних наук
В.М. Рибалко, кандидат технічних наук***

У процесі механічної обробки кінцівок ВРХ циліндричними фрезами, на деяких ділянках копитаць умови різання суттєво відрізняються від основної поверхні. Аналітичним шляхом встановлено причини погіршення якості поверхні та запропоновано рекомендації по її підвищенню без зміни різального інструменту.

Режим різання, деформація, пластичний зсув, сколювання, біологічний матеріал.

Постановка проблеми. Обрізка та розчистка – одна із найважливіших і трудомістких операцій, що входять до числа обов'язкових заходів з профілактики захворювань копитаць ВРХ. Метою механічної обробки копитаць є зрізання надлишкового рогу та надання їм оптимальної форми, що забезпечує рівномірний розподіл навантаження по всій опорній поверхні кінцівки. При цьому оброблення копитаць повинна мати малу шорсткість, а раковини та тріщини на її поверхні недопустимі.

Аналіз останніх досліджень. Відповідно із відомою теорією різання деревини [1] існує декілька способів утворення якісної поверхні різання. Кожен із загальноприйнятих способів передбачає певний вид деформації оброблюваного матеріалу: пластичний зсув, сколювання, згин із розривом, пластичний згин. Напружений стан стружки визначається у площині руйнування $\pi\pi_2$ величиною напружень зсуву τ_{zs} та розтягу σ_r [2]. Враховуючи особливості обробки біологічного матеріалу (копитцевого рогу) найбільш придатним для усіх умов є пластичний зсув, який забезпечує утворення зливної стружки та створює гладеньку поверхню різання. Умовою утворення пластичного зсуву у площині руйнування є:

$$\tau = \tau_{пр.зс}; \sigma_p \leq \sigma_{пр.р} \quad (1)$$

де τ – дійсні напруження зсуву у площині $\pi\pi_2$; $\tau_{пр.зс}$ – межа пружності при зсуві матеріалу, що підлягає різанню; σ_p – дійсні напруження розтягу у площині руйнування; $\sigma_{пр.р}$ – межа пружності матеріалу при розтягу.

Контрольована сила F_d деформації стружки при даних умовах визначається за такою залежністю :

$$F_d = \frac{2\tau_{пр.зс} \cdot h \cdot b \cdot \cos\psi}{1 + \sin\psi} \quad (2)$$

де h – глибина різання; b – ширина різання; ψ – кут дії (кут між векторами сил) F_d і $F_{др}$ – сили деформації стружки, результуюча сила.

Для даного виду деформації матеріалу дослідним шляхом було встановлено режими різання біологічного матеріалу циліндричними фрезами [2]. Запропонованим різальним інструментом, що працює у встановленому режимі різання, який залежить від фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу оброблюють більшу частину опорної поверхні копитець ВРХ. Але існують ділянки копитець, де умови різання суттєво відрізняється від іншої поверхні.

Мета досліджень. Враховуючи зміну умов різання окремих ділянок забезпечити високу якість оброблюваної поверхні без зміни різального інструменту. Використовуючи відому схему сил, що діють у зоні утворення стружки (рис. 1) встановлюємо причини зміни умов процесу різання та їхній вплив на основні показники режиму різання циліндричними фрезами.

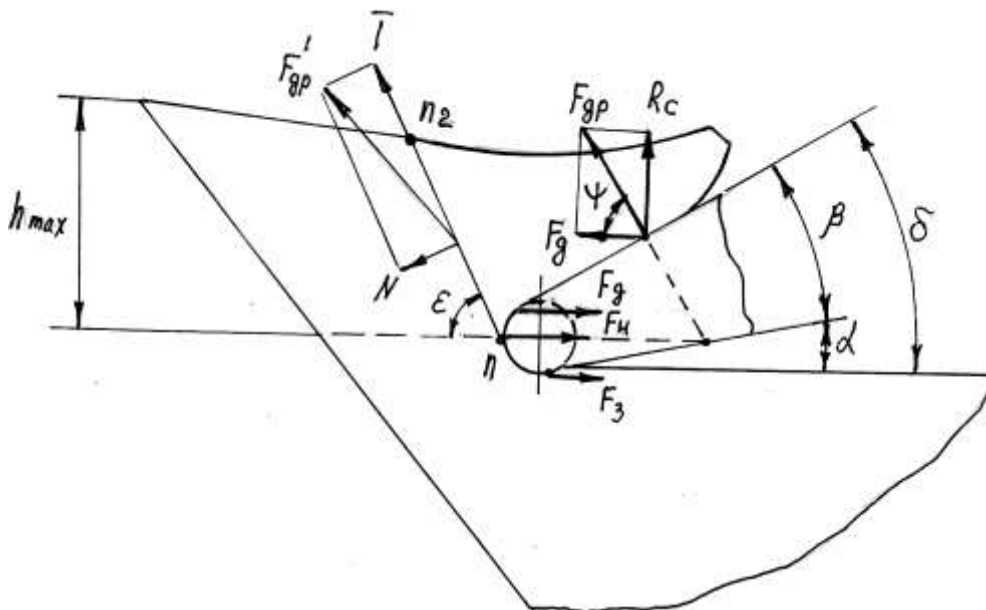


Рис. 1. Схема сил, що діють у зоні утворення стружки у процесі різання біологічного матеріалу циліндричними фрезами.

У процесі обробки копитець ВРХ спеціальним різальним інструментом [2] було помічено, що на найбільш навантажених ділянках опорної поверхні кінцівок, форма стружки суттєво відрізнялася від основної маси стружки. На відміну від основної

стружки яка утворювалася у вигляді тонкої смужки, на окремих ділянках ці смужки складалися із окремих елементів, приблизно однакового розміру. Така форма стружки свідчить про утворення на цих ділянках іншого виду деформації – сколювання. На обробленій поверхні утворюються вм'ятини із нерівними краями, з'являється хвилястість поверхні.

Утворення стружки шляхом сколювання її елементів поперек волокон відбувається при умові, коли:

$$\tau_{зс} = \tau_{в.ск.}; \sigma_p \leq \sigma_{пр.р}, \quad (3)$$

де $\tau_{зс}$ – дійсні напруження зсуву у площині руйнування; $\tau_{в.ск.}$ – межа міцності матеріалу при сколюванні; σ_p – дійсні напруження розтягу у зоні руйнування; $\sigma_{пр.р}$ – межа пружності матеріалу при розтягу.

Зміну виду деформації стружки можна пояснити зміною одного із критеріїв процесу різання. Вираз (3) можна записати у такому вигляді:

$$\tau_{зс} = \frac{F_d}{A_{зс}} = \tau_{в.ск.}, \quad (4)$$

де F_d – сила деформації стружки, $A_{зс}$ – площа зсуву, або різання; $A_{зс} = b \cdot h$, де b – ширина різання; h – глибина різання.

Найбільш чутливим до змін фактором є саме площа $A_{зс}$, оскільки у процесі різання біологічного матеріалу (копитцевого рогу) саме « b » та « h » не є величинами постійними. На кінцях копитцевої стінки копитаць ВРХ та найбільш навантажених місцях (середня частина стінки) ці величини суттєво різняться від значень основного масиву копитцевого рогу. Різке, локальне зменшення площі різання веде до зростання напружень зсуву, які досягають у цих місцях границі міцності при зсуві – $\tau_{в.зс.}$.

Силу деформації стружки у даних умовах можна визначити за залежністю:

$$F_d = \frac{2\tau_{в.зс.} \cdot h \cdot b \cdot \cos\psi}{\sin\psi - f_\tau \cos\psi + \frac{1}{\cos\eta_\tau}}, \quad (5)$$

де ψ – кут дії, f_τ – коефіцієнт тертя; η_τ – кут тертя.

Довжину елементу стружки l_k визначають за залежністю:

$$l_k = 2h \frac{\tau_{в.зс.}}{\tau_{в.зм.}} \cdot \frac{\cos\eta_d \cdot \cos\psi}{\sin(\delta + \eta_d) \left(\sin\psi - f_\tau \cos\psi + \frac{1}{\cos\eta_\tau} \right)}. \quad (6)$$

Хід різця x_1 , що відповідає утворенню одного елементу стружки:

$$x_1 = l_k (\cos\delta + \sin\delta \cdot \operatorname{ctg} \cdot \varepsilon). \quad (7)$$

Із врахуванням того, що величина кута ε_c (кут, при якому напруження $\tau_{зс}$ досягають) максимального значення:

$$\varepsilon_0 = \frac{90^\circ + \psi - \eta_\tau}{2}. \quad (8)$$

Визначаємо x_1 :

$$x_1 = l_k \frac{\cos\delta + \sin(\delta + \psi - \eta_\tau)}{1 + \sin(\psi - \eta_\tau)}. \quad (9)$$

Для встановлення характеру змін у процесі утворення стружки даного типу необхідно встановити, які фактори впливають на силу деформації стружки та наскільки вони здатні впливати на її величину:

$$F_d = \sigma_{\text{в.зм.}} \cdot \frac{1 + \sin(\psi - \eta_\tau)}{\cos\delta + \sin(\delta + \psi - \eta_\tau)} \cdot \frac{\sin(\delta + \eta_d)}{\cos\eta_d} \cdot x_1. \quad (10)$$

Із цієї залежності випливає, що при постійних величинах, що характеризують механічні властивості оброблюваного матеріалу та геометричних параметрів різального інструменту, сила деформації F_d стружки залежить від положення різального інструменту відносно поверхні різання – параметра x_1 .

При порівнянні залежностей, що визначають сили деформації стружки в умовах двох видів деформації: пластичного зсуву (2) та сколювання (5) встановлено, що при однакових показниках, які характеризують геометричні характеристики різального інструменту і деякі механічні характеристики біологічного матеріалу, величина сили F_d буде більшою у другому випадку. Це пояснюється тим, що у виразі (5) у чисельнику є границя міцності $\tau_{\text{в.зс.}}$ при зсуві, тоді як у виразі (2) – границя пружності $\tau_{\text{пр.зс.}}$ при зсуві. Дослідним шляхом встановлено, що $\tau_{\text{в.зс.}} = 5,44 \pm 0,126 \text{ МПа}$, а $\tau_{\text{пр.зс.}} = 7,94 \pm 0,232$ для копитцевого рогу густиною $\rho = 1300 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ та вологістю $k_\eta = 30$ [2]. Різниця у показниках механічних властивостей складає 30%, отже і величина сили F_d деформації стружки в умовах сколювання буде більшою на таку ж величину.

Для зменшення сили F_d деформації стружки, зменшення показники x_1 та переходу на інший вид деформації біологічного матеріалу, а саме пластичний зсув, потрібно зменшити величину S_z подачі на зуб циліндричної фрези.

Для цього необхідно скористатися графічною залежністю сили різання F_z від глибини різання t та подачі S_z , яка була встановлена експериментальним шляхом [3]. Для ручного різального інструменту, де величина подачі на зуб фрези S_z не контролюється, необхідно тимчасово збільшити швидкість різання v , скориставшись дослідними даними впливу швидкості різання біологічного матеріалу на шорсткість обробленої поверхні [3].

Висновок. Циліндричні фрези (стандартні) є досконалим інструментом для різання біологічного матеріалу, оскільки забезпечують високу якість механічної обробки опорної поверхні кінцівок ВРХ, у широкому діапазоні зміни механічних властивостей копитцевого рогу.

Список літератури

1. Воскресенский С.А. Резание древесины / С.А. Воскресенский. – Л.: Гослесбумиздат, 1955. – 195 с.
2. Ловейкін В.С. Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів пристроїв для різання біологічного матеріалу : монографія / В.С. Ловейкін, В.М. Рибалко. – Ромни: ІСА-Інтерпапір, 2009. – 202 с.
3. Рибалко В.М. Особливості механічної обробки біологічного матеріалу / В.М. Рибалко, В.Ф. Ярошенко // Агротехнічний науково-методичний збірник. – Ніжин: Лисенко М М, 2005. – С. 91–97.

В процессе механической обработки конечностей КРС цилиндрическими фрезами, на некоторых участках конечностей условия резания существенно отличаются от основной поверхности. Аналитическим путем установлено причины ухудшения качества поверхности и предложены рекомендации по ее повышению без смены режущего инструмента.

Режим резания, деформация, пластический сдвиг, скалывание, биологический материал.

In process of machining cylindrical cutter limbs of cattle, in some areas hooves cutting conditions differ substantially from main surface. Analytically determined causes deterioration of the surface and provide recommendations for improving it without changing the cutting tool.

Cutting, deformation, ductile shear, shearing, biological material.

УДК 631.171.075.3

ФОРМУВАННЯ МЕТОДОЛОГІЇ ДО ЕЛЕМЕНТНОЇ БАЗИ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН

Л.Л. Rogovskiy, кандидат технічних наук

Запропоновано загальні методичні засади до формування елементної бази сільськогосподарських машин.

Елемент, база, машина.

Постановка проблеми. Підвищення ефективності виробництва сільськогосподарської продукції пов'язане з створенням та реалізацією нових прогресивних технологій, які

© Л.Л. Rogovskiy, 2014

Список літератури

1. Воскресенский С.А. Резание древесины / С.А. Воскресенский. – Л.: Гослесбумиздат, 1955. – 195 с.
2. Ловейкін В.С. Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів пристроїв для різання біологічного матеріалу : монографія / В.С. Ловейкін, В.М. Рибалко. – Ромни: ІСА-Інтерпапір, 2009. – 202 с.
3. Рибалко В.М. Особливості механічної обробки біологічного матеріалу / В.М. Рибалко, В.Ф. Ярошенко // Агротехнічний науково-методичний збірник. – Ніжин: Лисенко М М, 2005. – С. 91–97.

В процессе механической обработки конечностей КРС цилиндрическими фрезами, на некоторых участках конечностей условия резания существенно отличаются от основной поверхности. Аналитическим путем установлено причины ухудшения качества поверхности и предложены рекомендации по ее повышению без смены режущего инструмента.

Режим резания, деформация, пластический сдвиг, скалывание, биологический материал.

In process of machining cylindrical cutter limbs of cattle, in some areas hooves cutting conditions differ substantially from main surface. Analytically determined causes deterioration of the surface and provide recommendations for improving it without changing the cutting tool.

Cutting, deformation, ductile shear, shearing, biological material.

УДК 631.171.075.3

ФОРМУВАННЯ МЕТОДОЛОГІЇ ДО ЕЛЕМЕНТНОЇ БАЗИ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН

Л.Л. Роговський, кандидат технічних наук

Запропоновано загальні методичні засади до формування елементної бази сільськогосподарських машин.

Елемент, база, машина.

Постановка проблеми. Підвищення ефективності виробництва сільськогосподарської продукції пов'язане з створенням та реалізацією нових прогресивних технологій, які

© Л.Л. Роговський, 2014

потребують забезпечення високопродуктивною, механізованою та автоматизованою надійною технікою.

Аналіз останніх досліджень. Практика показала, що створення нових, більш сучасних машин, забезпечення їх високого технічного рівня, підвищення їх якості і надійності можливо шляхом компонування машин із уніфікованих блоків (модулів) підвищеної якості [1] і надійності [2].

Актуальність проведення робіт із створення елементної бази пояснюється перевагами, які мають уніфіковані вироби порівняно з оригінальними [3]. Застосування уніфікованої елементної бази [4] дозволяє скоротити строки проектування машин, підготовки виробництва, підвищити і стабілізувати якість виробів за рахунок застосування відпрацьованих і перевірених на практиці вузлів і агрегатів, скоротити витрати на експлуатацію та ремонт машин.

В більшості випадків [5] немає технологічної потреби, наприклад, в деталях робочих органів різної конструкції. Їх конструктивні особливості, як правило, пояснюються різним технічним оснащенням, технологіями виготовлення елементів [6].

Відомо, що більш 60% фірм розвинутих західних держав виготовляють не машини, а комплектуючі вироби для них [7]. Наприклад, фірма “Walterscheid” (карданні шарніри), фірма “Bosch” (паливна апаратура, гідравлічні і електронні компоненти).

Питання створення сучасної елементної бази особливо актуальне в період ставлення і розвитку вітчизняного тракторного і сільськогосподарського машинобудування [6, 7].

Відомі пропозиції [2] по застосуванню системного підходу до оцінки технічного рівня техніки, що пов’язує природноекономічні умови регіону, оптимальну стратегію технічного оснащення [8], оцінку технічного рівня машин [9], їх ефективність і дозволяє прийняти рішення про створення і виробництво ефективної техніки [10]. Це можливо лише за наявності відповідної елементної бази [11]. Загалом створення і підтримання на належному рівні елементної бази може бути представлено рис.1. Основним блоком є база і банк по старій і новій сільськогосподарській техніці вітчизняного та зарубіжного виробництва. Банк даних представляє собою систематизовану структуру елементної бази, а база даних включає технічні характеристики структурних складових елементної бази. На основі вимог перспективних конструкцій мобільної енергетики і сільськогосподарських машин, використання банку і бази даних, результатів досліджень елементної бази визначаються оптимальні параметри елементної бази і формується система показників технічного рівня для різних груп елементної бази.

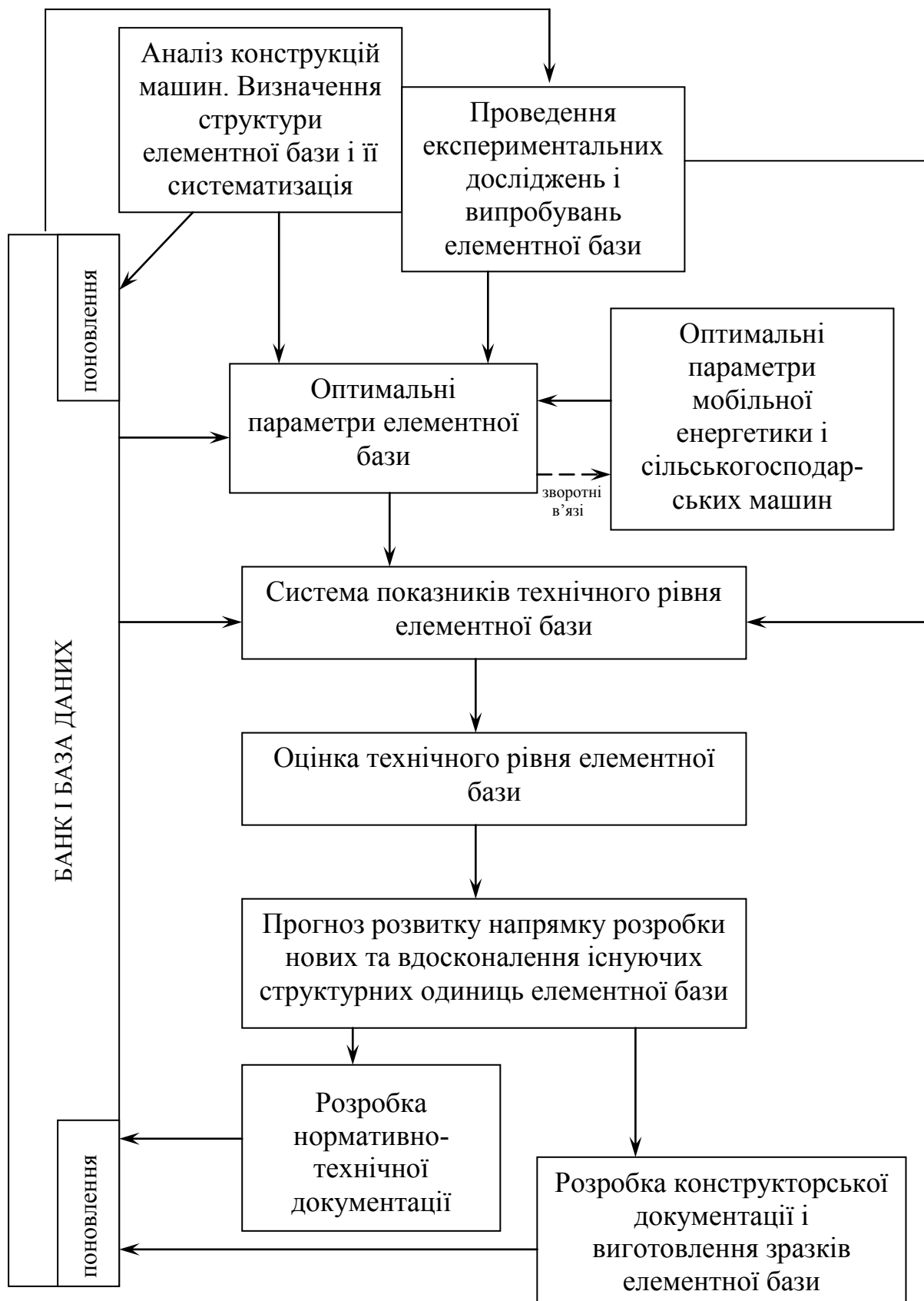


Рис. 1. Схема розробки і функціонування елементної бази.

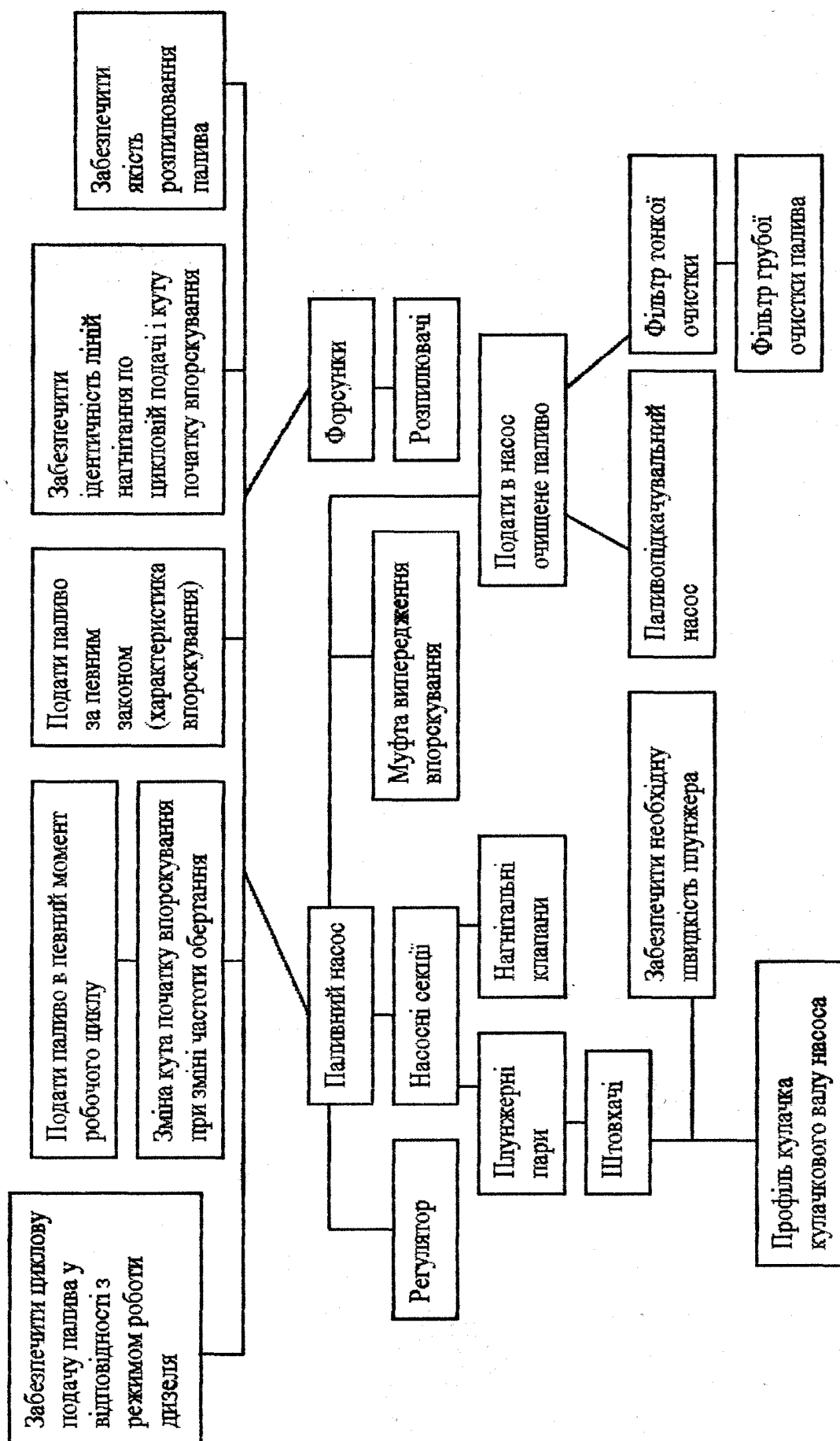


Рис. 2. Функціональна і органоструктурна модель паливної апаратури дизелів.

Оцінка технічного рівня складових елементної бази дає підставу для обґрунтування технічних вимог на розробку нової і вдосконалення існуючої елементної бази.

Мета досліджень. Такі блоки, як банк і база даних, оптимальні параметри елементної бази і система показників технічного рівня елементної бази постійно поновлюються даними нових розробок і результатами випробувань як елементної бази, так і машин в цілому.

Результати досліджень. Визначення структури елементної бази сільськогосподарської техніки проводиться на основі аналізу конструкцій машин за даними технічної документації заводів-виготовлювачів, каталогів-довідників, матеріалами провідних видань з питань механізації сільського господарства України, інформаційних оглядів, матеріалами виставок. При аналізі використовують також наявні зразки техніки.

При аналізі конструкцій машин використовується системний підхід [2, 3]. Згідно теорії, структура будь-якої технічної системи може бути представлена двома взаємодоповнюючими структурами: функціональною і органоструктурою.

Під функціональною структурою розуміють впорядковану сукупність функцій і відношення між ними; під органоструктурою – модель певного ступеню абстрактності, в якій вказують виконавчі органи і їх відношення, що реалізують заданий спосіб дії.

На основі функціональної структури визначаються конструктивні принципи, способів дії системи і виконавчі органи, що його реалізують. При певному припущенні функціональну структуру можна розглядати як схему, за якою формується і його органоструктура.

Такий підхід дозволяє вже на етапі аналізу конструкцій машин виявити однотипні функції, наприклад, ті, що мають однаковий фізичний сенс.

Це буде підставою в подальшому для визначення номенклатури однотипних модулів і проведення їх уніфікації.

На рис. 2 представлена функціональна і органоструктурна модель паливної апаратури дизелів. На вищому рівні знаходяться основні зовнішні функції, реалізація яких забезпечує виконання вимог, що ставляться до паливної апаратури.

На нижньому рівні знаходяться функції: забезпечити необхідну швидкість руху плунжера; подати в насос очищене паливо.

Для більш детального аналізу конструкції можна виділити і допоміжні функції:

- забезпечити змащення;
- забезпечити герметичність;

- з'єднувальна функція (для з'єднання деталей);
- функція фіксації положення деталей;
- функція захисту при транспортуванні (заглушки).

Для віднесення конструктивного елемента до елементної бази він повинен відповідати таким вимогам:

- забезпечувати виконання певних функцій в об'єкті;
- мати показники призначення;
- суттєво впливати на якість і надійність машини;
- з точки зору вимог до випробувань, приймання, поставки і експлуатації розглядатися як одне ціле;
- можуть бути безпосередньо використані конструктором при розробці систем, агрегатів і машин в цілому;
- застосовність на декількох об'єктах;
- бути об'єктом уніфікації;
- доцільність організації спеціалізованого виготовлення.

В будь-якій машині за функціональними ознаками можна виділити елементи вищого рівня. Це системи, агрегати, які забезпечують виконання основних функцій в машині і в свою чергу поділяються на структурні елементи нижчих рівнів. Вузли складаються з окремих деталей, які становлять найнижчий рівень – внутрішньо-вузлову елементну базу.

Згідно представленої моделі (рис. 2) до елементної бази, в першу чергу, слід віднести вузли, які знаходяться на вищому рівні і безпосередньо забезпечують виконання основних функцій. Це паливний насос і форсунки. До внутрішньо-вузлової бази в паливному насосі в першу чергу слід віднести прецизійні пари: насосні секції (плунжерні пари) і нагнітальні клапани, а в форсунці – розпилювач. Якість цих елементів суттєво впливає на ресурс паливної апаратури і стабільність параметрів паливоподачі в процесі експлуатації. Крім того, в насосі необхідно виділити регулятор, муфту випередження подачі палива, паливopідкачувальний насос, а в цілому по паливній апаратурі – фільтри очистки палива.

Висновки

Елементна база формується за машиною, групою машин. Ступінь деталізації структурних одиниць обмежується виділенням елементів, для яких доцільна організація власного виробництва на заводах-виготовлювачах сільськогосподарської техніки і які можуть бути об'єктом заводської уніфікації.

Аналіз конструкцій машин доцільно починати з аналізу складових елементів вищого рівня. Для тракторів, наприклад, це: двигун; трансмісія; шасі (ходова система); система керування трактором; система агрегування; допоміжні системи і обладнання. В двигуні, наприклад, можна виділити: паливну апаратуру;

турбокомпрессор; повітроочисник; масляний насос; електростартер; генератор; фільтр масляний.

Список літератури

1. *Панфилов Е.А.* Унификация и стандартизация деталей и узлов – гарантия качества и надежности изделий машиностроения / *Е.А. Панфилов* // Машиностроение. – 2005. – Вып. 3. – С. 72–76.
2. *Плешаков В.Н.* Методологические основы оценки технического уровня техники / *В.Н. Плешаков* // Техника в сельском хозяйстве. – 2011. – № 2. – С. 26–29.
3. *Королькевич В.А.* Системный подход к проектированию сложного оборудования на основе функциональной унификации / *В.А. Королькевич, С.Н. Мальгин* // Стандарты и качество. – 2010. – № 4. – С. 47–48.
4. *Субботин Ю.Г.* Потенциал ФСА / *Субботин Ю.Г., Климович Ю.Ф., Яковенко Ф.И., Карасева Л.М.* // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2011. – № 11. – С. 36–38.
5. *Нелюбов А.И.* Как решать задачи унификации машин в новых условиях хозяйствования / *Нелюбов А.И., Шафоростов И.Ф., Кругляков А.М.* // Стандарты и качество. – М.: Издательство Стандартов, 2009. – № 4. – С. 41–43.
6. *Кругляков А.М.* Каталог-справочник унифицированной элементной базы сельхозмашин / *А.М. Кругляков, И.Ф. Шафоростов* // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2011. – № 11. – С. 46–48.
7. *Единая методика оценки технического уровня продукции машиностроения.* Утверждена постановлением ГКМТ СССР от 21.01.1987г. № 12.
8. *РД 50-149-79.* Методические указания по оценке технического уровня и качества промышленной продукции. – М.: Стандарты, 1979. – 124 с.
9. *ГОСТ 22732-77.* Методы оценки уровня качества промышленной продукции. Основные положения. – М.: Стандарты, 1979. – 24 с.
10. *МУ 14-51.* Методические указания по оценке уровня качества изделий Госкомсельхозтехники СССР. – М.: ГОСНИТИ, 1982. – 125 с.
11. *Босий М.А.* Вагомість критеріїв при визначенні технічного рівня сільськогосподарської техніки / *М.А. Босий, І.Л. Роговський* // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТЕ, 2012. – Вип. 2, т. 17. – С. 51–55.

Предложены общие методические основы в формування элементной базы сельскохозяйственных машин.

Элемент, база, машина.

General methodological principles to elementary base units of agricultural machinery.

Element, base, machine.

МЕТОДИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ ПОТРЕБИ В МОБІЛЬНИХ ЗАСОБАХ ТЕХОБСЛУГОВУВАННЯ ЛІСОВИХ МЕЗ

*Л.Л. Тімова, аспірантка**

І.Л. Роговський, кандидат технічних наук

В статті представлено результати щодо методичних положень опису математичної моделі забезпечення потреби в засобах технічного обслуговування лісових МЕЗ.

Засіб, технічне обслуговування, лісовий МЕЗ.

Постановка проблеми. На сьогоднішній день – принципи функціонування техобслуговуючих форм обладнання лісового комплексу: безмонополістичність, творче підприємництво, висока продуктивність, малозатратність – є лише добрими намірами, які потрібно ще запровадити за певних організаційно-технічних і правових умов.

Аналіз останніх досліджень. Вважаємо, що технічне обслуговування і усунення несправностей парку обладнання підприємства лісового комплексу відбувається мобільним засобом. Можливо вважати, що виникнення потреби на засобі носить випадковий характер [1].

Якщо потреба виникає в момент, коли мобільний засіб зайнятий виконанням інших потреб, які виникли раніше, то технічне обслуговування виконується з деяким запізненням. Величина запізнення залежить від характеру потреби і від конкретної виробничої ситуації. Відмови, що виникли в процесі експлуатації обладнання і спричиняють втрату працездатності, повинні бути усунені в першу чергу. Відмови, які спричиняють втрату справного стану обладнання, усуваються тоді, коли будуть усунені несправності, що пов'язані з втратою працездатності, але перед заходами технічного обслуговування.

З другої сторони, в наслідок випадкового характеру виникнення відмов має місце простий мобільного засобу, так як зразу після усунення чергової несправності неможливо гарантувати наявність нової потреби на технічне обслуговування і усунення несправностей. Затримки в очікуванні обслуговування, як і простий мобільного засобу, можна оцінити визначеними затратами.

*Науковий керівник – кандидат технічних наук І.Л. Роговський

Існуючі методи розрахунку загальної організації техобслуговування [1] не враховують напрямок і вид діяльності лісового господарства [2], технології і термінів виробництва продукції лісового комплексу не можливо визначити об'єми робіт з ТО в розрізі календарних термінів, і, як наслідок, фактичної потреби в робочій силі для конкретного господарства [3]. Існуючі методи підбора матеріально-технічної бази з технічного обслуговування для визначеного господарства базуються лише на кількісному складі обладнання даного господарства [4]. При цьому не враховується дійсна потреба в обладнаннях господарств в залежності від конкретних умов виробництва та перспективної стратегії його економічної діяльності. Затрати мають протилежні тенденції при збільшенні кількості мобільних засобів: затрати, що пов'язані з очікуванням початку обслуговування зменшуються, а затрати, що викликані простоем мобільного засобу, збільшуються (коефіцієнт їх використання зменшується).

Мета досліджень. Вбачається за доцільне визначити оптимальну потребу в мобільних засобах визначеного типу (комплектування), при якій сума затрат на утримання цих засобів і затрат, що пов'язані з простоем обладнання лісового комплексу в очікуванні обслуговування, будуть мінімальними. Інколи бажано також вибрати оптимальний тип мобільного засобу із декількох технологічно застосованих.

Результати досліджень. Описану вище ціль зобразимо моделлю масового обслуговування із такою конкретизацією загальних понять:

- джерело потреб – парк обладнання лісового комплексу, який експлуатується в лісовому господарстві для виробництва (виращування) продукції;
- потреба на обслуговування – потреба в усуненні відмов і проведенні технічного обслуговування;
- канал обслуговування – мобільний засіб.

Так як обслуговуванню підлягає значна кількість обладнання (трелювальні машини, плуги, садильні машини, трактори, автомобілі, деревообробні верстати тощо), то виправдано застосовувати відкриту систему масового обслуговування, яку називають також системою з необмеженими джерелами потреб). Тому припустити, що потреби на усунення відмов виникають в випадковий момент часу (тривалість інтервалу між виникненням двох потреб – показниково розподілена випадкова величина). Крім того припускається, що робочий час мобільного засобу наближено співпадає з робочим часом обладнання, які обслуговуються (потреби виникають тільки в цей період).

З можливих дисциплін обслуговування приймемо відносний пріоритет, який характеризується тим, що кожне вже почате виконання заказу на ремонт завершується повністю. Тільки після звільнення мобільного засобу вибирається з черги наступні пріоритетні потреби.

Обслуговування прийнято однофазним з паралельними однорідними каналами, тобто одна потреба забезпечується одним мобільним засобом.

Тривалість усунення однієї відмови – випадкова величина. Обслуговування включає переїзд мобільного засобу до місця експлуатації обладнання. Тип розподілення тривалості обслуговування залежить від розташування експлуатує мого обладнання по ділянкам лісового господарства та інтенсивності відмов конструктивних елементів цього обладнання.

Вказана система відрізняється від відкритої системи масового обслуговування з очікуванням в основному по двом властивостям: розподілення тривалості обслуговування не завжди підчиняється показниковому закону; деякі потреби характеризуються відносним пріоритетом.

Вихідні дані. Попередньо вкажемо що величини, які відносяться тільки до пріоритетних і непріоритетних потреб, позначимо, відповідно, індексами 1 і 2. Введемо такі параметри, які є вихідними даними, або визначаються на їх основі: t_1, t_2 – середня тривалість інтервалу між виникненням двох потреб; τ_1, τ_2 – середня тривалість обслуговування однієї потреби; $v(t)$ – коефіцієнт варіації тривалості обслуговування (відношення середнього квадратичного відхилення до середнього значення даної випадкової величини); ρ_1, ρ_2, ρ – завантаження, яке вказує на середню кількість повністю в часі зайнятих мобільних засобів і яка в нашій моделі рівна також середній кількості одночасно обслуговуваних потреб (завантаження визначається таким співвідношенням: $\rho_1 = \frac{\tau_1}{t_1}$; $\rho_2 = \frac{\tau_2}{t_2}$; $\rho = \rho_1 + \rho_2$); S – кількість каналів обслуговування мобільних засобом. Для того, щоб мобільний засіб міг задовольнити всі потреби на обслуговування, повинно бути виконано умову $S > \rho$.

Введемо показники питомих затрат: C_τ – питома вартість використання мобільного засобу, грн/годин (передбачається, що ця частина затрат однакова для пріоритетних і непріоритетних потреб); C_f – середня величина вартості однієї години простою мобільного засобу, грн/годин; C_1, C_2 – збитки за одну годину простою обладнання від втрати продукції через порушення оптимальних агротехнічних термінів робіт в зв'язку з простоями, відповідно, пріоритетних і непріоритетних потреб.

Введемо також такі операційні характеристики, спосіб знаходження яких буде описано нижче: $L_1(S)$, $L_2(S)$, $L(S)$ – середня довжина (середня чисельність потреб, які очікують початку обслуговування); $T_1(S)$, $T_2(S)$ – середній час очікування однієї потреби в черзі, включаючи потреби, яким не прийшлося очікувати початку обслуговування.

Функції мети. Критерієм оптимальності є середня величина сумарних затрат, які виникають в зв'язку з процесом обслуговування на протязі одиниці часу роботи системи. Цю величину будемо мінімізувати. Можна припустити, що затрати прямо пропорційні тривалості даного стану, при чому коефіцієнтом пропорційності є відповідні питомі затрати. В середньому одночасно зайняті обслуговуванням ρ мобільних засобів, інші в кількості $S - \rho$ простоють. Одночасно виконується в середньому ρ_1 пріоритетних обслуговувань; сума тривалості обслуговування пріоритетних потреб в черзі представляє $L_1(S)$ одиниць часу на протязі одиниці робочого часу (аналогічно для непріоритетних потреб).

Цільовою функцією, значення якої позначимо символом $z(S)$ і названою повною, можна визначити з виразу:

$$z(S) = \rho \cdot C_r + (S - \rho) \cdot C_f + L_1(S) \cdot C_1 + L_2(S) \cdot C_2. \quad (1)$$

Вираз для операційних характеристик. Символом $L(S, \rho)$ позначимо середню довжину черги для відкритої системи масового обслуговування $M/M/S$ з очікуванням. Ця величина, яка залежить від кількості каналів S і від завантаження ρ , обчислюється за загальновідомою формулою:

$$L(S, \rho) = \frac{\rho^{S+1} \cdot P_0}{(S - \rho)^2 \cdot (S - 1)!}; \quad (S > \rho), \quad (2)$$

при чому допоміжна величина P_0 визначається за відношенням:

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{i=0}^{S-1} \frac{\rho^i}{i!} + \frac{\rho^S}{(S - \rho) \cdot (S - 1)!}}. \quad (3)$$

Значення функції $L(S, \rho)$ (в межах від 0,1 до 10) можна з достатньою для практики точністю визначити за номограмою [2].

Апроксимацію середньої довжини черги для системи з довільним розподіленням тривалості обслуговування представляємо за формулою:

$$L(S) \approx \frac{1 + [v(\tau)]^2}{2} \cdot L(S, \rho). \quad (3)$$

Середнє значення довжини черги пріоритетних і непріоритетних потреб отримуються після знаходження значення $L(S)$ за формулою (4.16) із співвідношень:

$$L_1(S) = \frac{\rho_1 \cdot (S - \rho_1)}{\rho \cdot (S - \rho_1)} \cdot L(S); \quad (4)$$

$$L_2(S) = L(S) - L_1(S). \quad (5)$$

Середній час очікування тісно пов'язаний з середньою довжиною черги простим співвідношенням, яке виводиться в [2]:

$$T_1(S) = t_1 \cdot L_1(S); \quad (6)$$

$$T_2(S) = t_2 \cdot L_2(S). \quad (7)$$

Визначення оптимальної кількості мобільних засобів. При оптимізації застосовуємо спрощену цільову функцію, значення якої можна позначити символом $z'(S)$. Ця функція містить тільки ті члени повної функції $z(S)$, які залежать від величини S , що оптимізується:

$$z'(S) = S \cdot C_f + L_1(S) \cdot C_1 + L_2(S) \cdot C_2. \quad (8)$$

Різниця $z(S) - z'(S) = \rho \cdot (C_r - C_f)$ має однакові значення для будь-якої кількості $S > \rho$ мобільних засобів. Тобто, функції (1) і (8) приймають мінімальні значення при тій же кількості мобільних засобів, яке позначимо символом S^{opt} .

Оптимальну кількість мобільних засобів можна визначити методом перебору. В першу чергу визначається мінімально допустима кількість S_{min} мобільних засобів, яка рівна ближчому цілому числу, що перевищує завантаження. Величина S_{min} задовольняє умову:

$$\rho = S_{min} \leq \rho + 1. \quad (9)$$

Для $S = S_{min}$ визначимо значення $z'(S)$ за виразом (8). величини $L_1(S)$ і $L_2(S)$ визначаються за формулами (4) і (5) із застосуванням апроксимації (3); необхідне значення $L(S, \rho)$ за виразом (2) визначається за номограмою [2]. Потім кількість мобільних засобів збільшується на одиницю і розрахунок $z'(S)$ повторюється. Збільшення S продовжується до тих пір, поки затрати зменшуються. Якщо виходить $z'(S+1) > z'(S)$, то розрахунок припиняється. Оптимальна кількість S^{opt} відповідає мінімуму функції $z'(S)$. У винятковому випадку, якщо $z'(S) = z'(S+1)$, існують два альтернативні варіанти рішення: $S^{opt} = S_{min}$ і $S^{opt} = S_{min} + 1$.

Якщо вже після першого кроку розрахунку отримуємо $z'(S+1) > z'(S)$, тоді оптимумом є $S^{opt} = S_{min}$. Інколи можна закінчити процес збільшення S вже при $z'(S-1) < z'(S)$, якщо без обчислення значення $z'(S+1)$ вже очевидно, що $z'(S+1) > z'(S)$. Достатньою умовою для цього є виконання на деякому кроці нерівності:

$$L_1(S) \cdot C_1 + L_2(S) \cdot C_2 < C_f. \quad (10)$$

Тоді величина затрат C_f на утримання додаткового $(S+1)$ -го мобільного засобу буде більшою за суму затрат на очікування потреб при S мобільних засобах. Навіть при $L_1(S) \cdot C_1 = L_2(S+1) = 0$ (якщо додання засобів усунуло всі очікування) був би варіант з $(S+1)$ мобільних засобів не вигідним.

Визначення питомих затрат C_1 і C_2 на практиці буває за часту доволі наближеним, тому відношення C_1/C_2 в багатьох випадках можна оцінити з більшою достовірністю.

Перевірка чутливості отриманого оптимуму S^{opt} на зміну цих затрат обумовлена тим, що визначена чисельність кількості мобільних засобів є оптимум деякого діапазону значень C_1 і C_2 .

Символом $C_2(S, S+1)$ позначимо граничне значення величини C_2 , при якому оптимум є одночасно як S , так і $S+1$ мобільних засобів. Припустимо, що відношення C_1/C_2 було оцінено. Після підставлення формули $\rho_1 = \frac{\tau_1}{t_1}$; $\rho_2 = \frac{\tau_2}{t_2}$; $\rho = \rho_1 + \rho_2$ в рівність $z'(S) = z'(S+1)$ цю величину можна виразити таким чином:

$$C_2(S, S+1) = - \frac{C_f}{\frac{C_1}{C_2} \cdot L_1(S) - L_1(S+1) + L_2(S) - L_2(S+1)}. \quad (11)$$

Отриману вище S^{opt} і залишається оптимумом для всіх значень C_2 в межах $C_2(S^{opt}-1, S^{opt})$ до $C_2(S^{opt}, S^{opt}+1)$, припускаючи $C_1/C_2 = const$ (при $S^{opt} = S_{min}$ нижня межа є нульовою). Якщо цей діапазон широкий і якщо загальна оцінка значення C_2 знаходиться не дуже близько до однієї із вказаної межі, то далі уточняти оцінку C_2 нема потреби. Аналогічним чином можна визначити граничне значення $C_1(S, S+1)$ величини C_1 ; в дійсності $C_1(S, S+1) = C_2(S, S+1) \cdot C_1/C_2$.

Висновки. Основою для створення системи технічного обслуговування обладнання лісового комплексу є методи спеціалізованого технічного обслуговування машин, які враховують конкретні умови лісгосподарського виробництва із застосуванням мобільних засобів; перебудова діючої матеріально-технічної бази підприємств; забезпеченням товаровиробника технічними послугами в системі “придбання – експлуатація – техобслуговування”; вибір виконавця техобслуговування відбувається виходячи з його технічних можливостей і фінансових власника обладнання, а

запропоновані математичні моделі розрахунку потреби в мобільних засобах дозволять раціонально їх запровадити.

Список літератури

1. *Тітова Л.Л.* Методи технічного обслуговування лісових машин / *Л.Л. Тітова, І.Л. Роговський* // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – Х.: ХНТУСГ, 2014. – Вип. 155. – С. 132–137.
2. *Система* технічного обслуговування обладнання лісового комплексу. Звіт про НДР (заключний) / Національний університет біоресурсів і природокористування України. – № держ. реєстр. 0107U012058. № держ. обл. 0209U002599. – К., 2008. – 119 с.
3. *Роговський І.Л.* Класифікація технологічних процесів техсервісу обладнання лісового комплексу / *І.Л. Роговський* // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. – Х.: ХНТУСГ, 2009. – Вип. 76. – Т. 1. – С. 136–142.
4. *Плешков А.С.* Концептуальность решений техсервисных задач в лесном хозяйстве / *А.С. Плешков*. – Санкт-Петербург: Гладь, 2010. – 240 с.

В статье представлены результаты по методических положений описания математической модели обеспечения потребности в средствах технического обслуживания лесных МЭС.

Средство, техническое обслуживание, лесной МЭС.

The paper presents results on methodological regulations describing mathematical models of equipment needed to ensure maintenance of forest MEM.

Means, technical maintenance, forest MEM.

УДК 657.1.002

СТІЙКІСТЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МЕЗ ЗА ПАРАМЕТРАМИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

М.В. Панфілова, інженер

В статті розглянуто результати випробування сільськогосподарських транспортних засобів з охорони праці.

Засіб, праця, випробування.

© М.В. Панфілова, 2014

запропоновані математичні моделі розрахунку потреби в мобільних засобах дозволяють раціонально їх запровадити.

Список літератури

1. *Тітова Л.Л.* Методи технічного обслуговування лісових машин / *Л.Л. Тітова, І.Л. Rogovskiy* // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – Х.: ХНТУСГ, 2014. – Вип. 155. – С. 132–137.
2. *Система* технічного обслуговування обладнання лісового комплексу. Звіт про НДР (заключний) / Національний університет біоресурсів і природокористування України. – № держ. реєстр. 0107U012058. № держ. обл. 0209U002599. – К., 2008. – 119 с.
3. *Rogovskiy І.Л.* Класифікація технологічних процесів техсервісу обладнання лісового комплексу / *І.Л. Rogovskiy* // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. – Х.: ХНТУСГ, 2009. – Вип. 76. – Т. 1. – С. 136–142.
4. *Плешков А.С.* Концептуальность решений техсервисных задач в лесном хозяйстве / *А.С. Плешков*. – Санкт-Петербург: Гладь, 2010. – 240 с.

В статье представлены результаты по методических положений описания математической модели обеспечения потребности в средствах технического обслуживания лесных МЭС.

Средство, техническое обслуживание, лесной МЭС.

The paper presents results on methodological regulations describing mathematical models of equipment needed to ensure maintenance of forest MEM.

Means, technical maintenance, forest MEM.

УДК 657.1.002

СТІЙКІСТЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МЕЗ ЗА ПАРАМЕТРАМИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

М.В. Панфілова, інженер

В статті розглянуто результати випробування сільськогосподарських транспортних засобів з охорони праці.

Засіб, праця, випробування.

© М.В. Панфілова, 2014

Постановка проблеми. У сільськогосподарському виробництві країни більше 50% об'єму перевезень здійснюється колісними тракторами з причепами. В той же час, експлуатація цього виду транспорту відбувається в господарствах в далеко не ідеальних умовах.

Аналіз останніх досліджень. До їх числа відноситься незадовільний стан внутрішньогосподарських доріг [1], недотримання водіями затвердженого маршруту і режиму руху [2], низька кваліфікація трактористів і незадовільна організація технічного обслуговування тракторів перед виходом з машинного двору [3]. Цей комплекс невідповідностей або відхилень сприяє виникненню високого рівня дорожньо-транспортних подій з колісними тракторами і комбайнами [4]. Найбільш поширеною ситуацією серед цих подій є бічне перекидання машин, яке, як правило, закінчується для трактористів і комбайнерів травмою з важким або смертельним результатом.

Мета досліджень обґрунтувати підвищення динамічної стійкості сільськогосподарських транспортних засобів за параметрами охорони праці.

Результати досліджень. З метою виявлення причин перекидання, усю інформацію по травматизму з летальним кінцем по цій ситуації ми розподілили на чотири групи. В якості кваліфікаційної ознаки групи використали вид агрегування, при якому сталося перекидання агрегату (трактори без навісних і причіпних знарядь або машин, трактори з навісними знаряддями, трактори з причіпними знаряддями і трактори з причепами). Враховуючи, що кількість перекидань колісних тракторів з причепами складає 45,4% від усіх перекидань, ми виділили їх в самостійну групу (табл. 1).

Таблиця 1

1. Розподіл перекидань колісних тракторів по виду агрегування, %.

Марка трактора	Вид агрегування			
	з причепом	з причіпним знаряддям	з навісним знаряддям	без причіпних і навісних знарядь
T-150K	62,5	25,0	0	12,5
ЮМЗ-6АКМ	61,5	23,1	15,7	0
МТЗ-80(82)	65,0	12,5	5,0	15,5
T-150	50,0	21,4	0	23,6
K-700A	51,1	2,2	11,1	35,6
МТЗ-100	65,1	5,6	14,2	15,1
ХТЗ-121	0	24,2	32,3	43,5
T-25A	0	38,5	38,5	23,0

Аналіз даних табл. 1 показує, що найбільше число перекидань відбувається при використанні колісних тракторів на транспортних роботах (трактор + причіп). Це свідчить про негативний вплив причепа на динамічні характеристики трактора, особливо за відсутності на тракторі і причепі справних гальм.

Зробимо класифікацію колісних тракторів, які перекинулися, за загальними причинами. Всього було виділено 8 класів.

1-й клас. Не були підключені або були відсутні гальма на причепі або причіпному знарядді.

2-й клас. Не дотримані затверджені маршрути руху або правила перевезення великогабаритних вантажів.

3-й клас. Допущені до експлуатації машини з несправними рульовим керуванням, гальмівною системою і за відсутності страхувального троса.

4-й клас. Керування машиною в нетверезому стані.

5-й клас. Незадовільний стан дороги: ожеледь, нальоти бруду на дорогах з твердим покриттям, аварійний стан мостів і переправ.

6-й клас. Інші причини, не залежні від тракториста і технічного стану машини: засліплення тракториста світлом фар зустрічного транспорту; зіткнення із зустрічним транспортом, що вийшов з полоси руху; перекидання буксированого трактора по слизькій дорозі; недостатня оглядовість з робочого місця.

7-й клас. Стоплення тракториста, пов'язане з порушенням тривалості роботи агрегату; відсутність пристроїв для прикурювання при керуванні трактором, хворобливий стан тракториста.

8-й клас. Низька кваліфікація тракториста, що виражається в неправильному виборі режимів руху трактора при маневрах (обгоні), при русі на спусках і підйомах.

У табл. 2 представлена питома вага кожного з восьми класів причин перекидання.

2. Питома вага класу причин перекидання по марках тракторів %.

Марка трактора	Клас причин							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
T-150K	15,4	7,7	7,7	15,3	15,3	15,3	7,7	15,3
ЮМЗ-6АКМ	37,5	5,0	5,0	17,5	10,0	7,5	2,5	15,0
МТЗ-80(82)	18,8	6,3	25,0	12,5	6,3	12,5	18,5	0
T-150	7,1	7,1	7,1	14,4	28,6	7,1	0	28,6
K-700A	13,3	8,9	6,7	26,7	11,1	4,4	13,3	15,6
МТЗ-100	19,8	18,0	16,0	13,2	13,2	9,4	6,5	4,7
ХТЗ-121	1,6	6,5	29,0	8,1	12,9	19,4	6,5	16,1
T-25A	3,8	3,8	7,7	3,8	19,2	23,0	7,7	30,8

Дані, представлені в табл. 2, дозволяють виявити домінуючий клас причин перекидання по окремих марках машин. Так, наприклад, трактори МТЗ-80(82) в 37,5 і 19,8% випадків відповідно перевертаються із-за непідключення до причепа гальм, що агрегатується, а трактори Т-150К – через непристосованості до роботи в незадовільних дорожніх умовах (VI клас причин). Найбільший відсоток перекидань (26,7%) енергонасичених тракторів марки К-700А відбувається внаслідок нетверезого стану водіїв. Трактори марки ХТЗ-121 в 29% випадків перевертаються через незадовільний технічний стан системи рульового керування, а трактори Т-25А – внаслідок низької кваліфікації трактористів.

Статистика показує, що колісні трактори і комбайни різних класів значно відрізняються по коефіцієнту травматизму по ситуації перекидання, хоча відмінність у величині кута статичної стійкості у них незначна. Причому трактори і комбайни з більшою масою і габаритами, наприклад, К-700А, Т-150 або СК-6А, перевертаються частіше. На підставі цього ми робимо припущення про те, що окрім організаційних причин, що обумовлюють перекидання машин, одночасно є присутніми і діють зовні приховані технічні причини, незалежні від обслуговуючого персоналу. З метою виявлення характеру дії цих причин і розробки пропозицій по зниженню їх впливу нами розроблена логічна модель перекидання.

При розробці такої моделі прийнято, що перекидання колісних тракторів і комбайнів на гребнях, узгір'ях і поворотах відбувається переважно внаслідок втрати стійкості курсового руху і виходу машини за межі допустимого коридору руху. При цьому вважається, що стійкість курсового руху є функція деяких параметрів дороги і машини. Зокрема, ширина проїжджої частини дороги H , колії машини B , висоти центру мас машини h_c , величини рискання, пов'язаної з величиною люфта рульового колеса.

Нехай ці параметри пов'язані між собою деякою залежністю, що обумовлює курсову стійкість машини на дорозі:

$$X = \frac{(H - B) \cdot B}{10 \cdot h_c \cdot \varphi} . \quad (1)$$

Тоді, задаючись значенням ширини коридору руху H і підставляючи відповідні значення параметрів B , h_c і φ машини, обчислюємо величину параметра X . Відкладаючи на вертикальній осі статистичні значення коефіцієнтів травматизму ($K_4^{лет}$) з летальним кінцем по ситуації «перекидання», скоректовані з урахуванням однакового річного напрацювання тракторів, а по горизонтальній осі – значень параметра X набуваємо розподіл

коефіцієнта травматизму від деякого комплексного якісного показника дороги і машини.

Проведемо апроксимацію отриманої кривої (рис. 1) методом квадратних форм. Тепер ця залежність набере вигляду:

$$K_4^{років} = \frac{4,43}{0,43 + \frac{(H-B) \cdot B}{10 \cdot h_c \cdot \varphi}} \quad (2)$$

Аналіз залежності (2) показує, що підвищення безпеки руху машин може йти у напрямі збільшення ширини коридору руху $\Delta H = (H - B)$ посилення величини люфта системи рульового управління, пов'язаного з люфтом рульового колеса φ_1 і зниження висоти центру мас h_c машини.

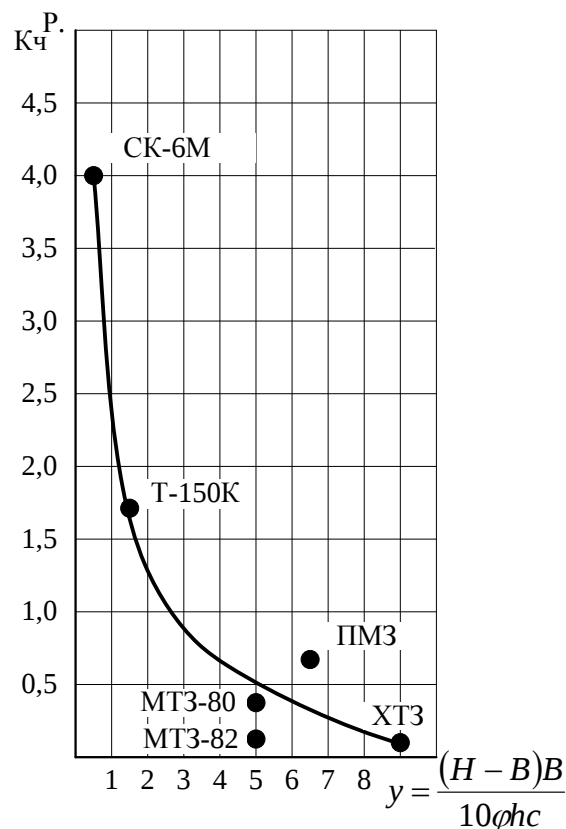


Рис. 1. залежність приведенного коефіцієнта травматизму з летальним кінцем при перекиданні сільгоспмашин і тракторів від характеристик B, H, φ, h_c .

Не виключено, що у міру поглиблення досліджень на пізнішому етапі з'явиться можливість уточнення залежності (2), що дозволить сформулювати науково обгрунтовані вимоги до технічних характеристик машин і доріг. Вибір і обгрунтування одного узагальненого показника для характеристики безпеки руху тракторів,

МТА і інших самохідних сільгоспмашин нині не представляється можливим. Проте, шляхом порівняння оптимальних умов експлуатації (кутів, висоти нерівностей мікрорельєфу і швидкостей) можна знайти критичний кут нахилу місцевості, найбільшу допустиму висоту мікрорельєфу і найбільшу допустиму безпечну швидкість руху агрегату. Цим способом можна отримати критичні величини, цілком достатні для визначення діапазону безпечної експлуатації тракторного агрегату або самого трактора. У конкретних умовах експлуатації на основі цих показників можна встановити міру безпеки і вжити заходи по попередженню перекидання трактора.

Так, автори робіт [1, 2] пропонують характеризувати безпеку руху колісних тракторів шляхом оцінки їх стійкості по керованості і визначення числа відривів керованих коліс :

$$\nu = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{D_{\varepsilon}}{D_{\varepsilon}}} \cdot e^{-\frac{\varepsilon_{\partial on}^2}{2D_{\varepsilon}}} \quad (3)$$

де D_{ε} – дисперсія швидкості деформації шин, $\text{см}^2/\text{с}^2$;

D_{ε} – дисперсія деформації шпилька, см^2 ;

$\varepsilon_{\partial on}$ – деформація шини відносно середнього значення, см.

Допустимим значенням за першим критерієм рекомендується $\nu = 1$ відриву/с.

Стійкість до перекидання колісних машин при русі по дорозі з поперечним ухилом нами запропоновано характеризувати величиною гранично-допустимої швидкості V_{np} , яка визначається з умов руху машини без бічного перекидання:

$$[V_{np}]^2 \leq \frac{\tau [\beta - \alpha \sqrt{B^2 - \gamma^2}] - 0,5\gamma}{\rho^2 + \beta^2} \frac{\text{км}^2}{\text{год}^2}, \quad (4)$$

де

$$\tau = 3,6^2 \cdot 2g \cdot B^2 \cdot \frac{1}{D_{ij} A_{2^2}}; \quad \beta = \sqrt{\frac{B^2}{4} + h_{c^2}}; \quad \alpha = \frac{h_c}{B}; \quad \gamma = B \sin \psi - A_1 \sigma_y;$$

$\rho^2 = \frac{1}{12} (a^2 + B^2)$ – квадрат радіусу інерції машин відносно подовжньої осі, що проходить через центр мас, м^2 ;

a – висота машини, м;

ψ – поперечний кут нахилу дороги, град;

$A_1 = A_2 = 4$ – коефіцієнти, що визначають вірогідність неперекидання;

$D_{ij}; \sigma_y$ – коефіцієнти, що характеризують дорожнє покриття.

Оцінка машин на динамічну стійкість повинна проводитися по більшому значенню числа відривів коліс або по гранично допустимій швидкості руху.

Математичні викладення і обробка даних за визначенням числа відривів коліс трактора від поверхні дороги і гранично допустимій швидкості руху викладені в роботах [1, 2].

Порівняльну оцінку динамічної стійкості машин слід проводити шляхом зіставлення розрахункових величин гранично допустимих швидкостей руху (з умови неперекидання) із заданими характеристиками рельєфу.

На рис. 2 представлені у вигляді графіків розраховані по формулі (4) значення гранично допустимих, безпечних з умови неперекидання швидкостей руху самохідного тракторного шасі Т-16МГ [V_{np}] при варіюванні поперечної ширини колін машини в діапазоні $B=1, 2 \dots 2,0$ м і кута статичної стійкості від $\alpha_{cm} = 26 \dots 50^\circ$. В якості розрахункового рельєфу взятий трек з Британського стандарту 4220, математичне очікування кута нахилу рельєфу $\psi = 5 \dots 10$ з кроком 1. Кут $\psi = 8$ вибраний в якості оптимального, тому що при $\psi < 5$ нерівностей рельєфу не роблять істотного впливу на динамічну стійкість машини.

Розрахунки показали, що лінійного зв'язку між статичним кутом і динамічною стійкістю не існує і що ця залежність не лінійна і є функцією двох змінних $V_{np} = f(\alpha, B)$.

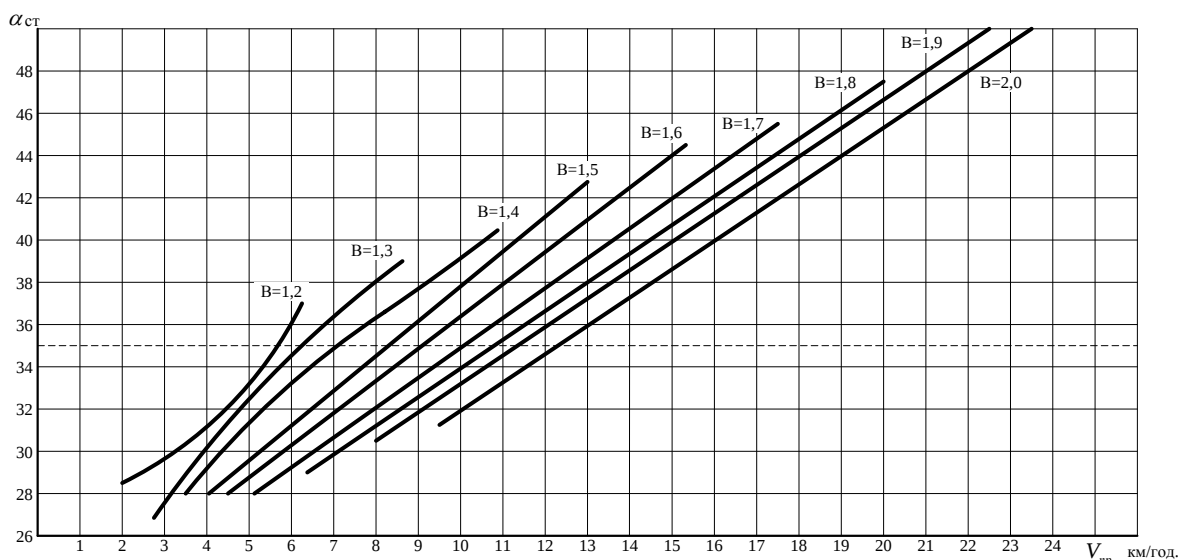


Рис. 2. Графічні залежності боково-допустимих швидкостей руху машин V_{np} від величини кута їх статичної остійності α і ширина колії машини B .

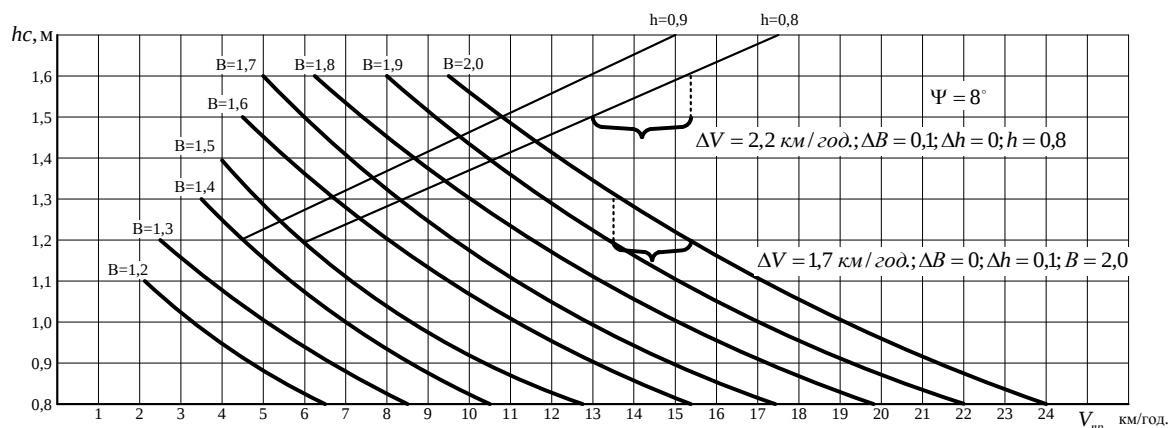


Рис: 3. Графічні залежності гранично допустимих швидкостей руху машин $V_{гр}$ від ширини колії машини B і висоти центру мас машини h_c .

Дослідження графічних залежностей $V_{гр}$ (рис. 3) як функції B і h_c показує, що $V_{гр}$ змінюється у більшому діапазоні при збільшенні ширини колії машини B (при постійній величині h_c), чим при зниженні висоти центру мас h_c на таку ж величину (при незмінній ширині колії машини B).

Отже, для підвищення динамічної стійкості спочатку слід максимально збільшити ширину колії, що у багатьох випадках для самохідних машин виконати конструктивно простіше, ніж понизити центр мас.

Висновки

1. Серед машин, що агрегуються з колісними тракторами, найбільшу негативну дію на його стійкість чинять причепа. На цей вид агрегування доводиться 50-65%. від усіх перекидань тракторів.

2. Отримана емпірична залежність між статистичними показниками травматизму при перекиданні колісних тракторів і комбайнів і деякими технічними характеристиками машин і дороги. Залежність має нелінійний характер, а по графічному виду – параболу.

3. Показано, що підвищення динамічної стійкості тракторів доцільніше розпочинати зі збільшення ширини колії, а потім переходити на зниження центру мас.

Список літератури

1. Войналович О.В. Класифікація технічних засобів захисту в конструкції мобільної сільськогосподарської техніки / О.В. Войналович, В.П. Голод // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – К., 2014. – Вип. 196, ч. 2. – С. 214–221.

2. Гнатюк О.А. Оцінення ризику травмування трактористів-машиністів під час технічного обслуговування та ремонту сільськогосподарської техніки / О.А. Гнатюк, О.О. Покутний, Т.О. Білько // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – К., 2014. – Вип. 196, ч. 2. – С. 320–331.
3. Войналович О.В. Аналіз причин нещасних випадків у сільському господарстві за останні роки / О.В. Войналович // Проблеми охорони праці, промислової та цивільної безпеки: Збірник матеріалів Десятої Всеукраїнської науково-методичної конференції (з участю студентів), 13-15 травня. – К.: НТУУ “КПІ”, 2014. – С. 33–38.
4. Панфілова М.В. Охорона праці при технічному обслуговуванні системи охолодження ДВЗ МЕЗ / М.В. Панфілова // Збірник тез I Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів та молодих науковців «Перспективи та тенденції розвитку конструкцій сільськогосподарських машин та знарядь» 16-17 жовтня. – Житомир: ЖНЕУ, 2014. – С. 37–39.

В статье рассмотрены результаты испытания сельскохозяйственные транспортных средств по охране труда.
Средство, труд, испытания.

In paper the results of testing the agricultural vehicle safety.
Tool, work, testing.

УДК 631.3:620.172.21

РЕЗУЛЬТАТИ ВИВЧЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ РЕАЛІЗАЦІЇ СПОСОБІВ НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ ПРИ ЇХ ВИБОРІ

С.С. Карабиньош, кандидат технічних наук

В статті приведено результати вивчення можливостей реалізації різних за своєю природою способів і методів неруйнівного контролю при їх виборі для ефективного виявлення основних дефектів та пошкоджень для отримання адекватних показників при дефектуванні і діагностуванні сільськогосподарських машин.

Дефектування, діагностування, дефекти, пошкодження, деталі, машини, способи, методи, реалізація, виявлення.

Постановка проблеми. Завдання методів і способів неруйнівного контролю для забезпечення надійності, якості сільськогосподарських машин має велике народногосподарське значення для ефективної експлуатації машинно-тракторного парку АТП України.

© С.С. Карабиньош, 2014

2. Гнатюк О.А. Оцінення ризику травмування трактористів-машиністів під час технічного обслуговування та ремонту сільськогосподарської техніки / О.А. Гнатюк, О.О. Покутний, Т.О. Білько // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – К., 2014. – Вип. 196, ч. 2. – С. 320–331.
3. Войналович О.В. Аналіз причин нещасних випадків у сільському господарстві за останні роки / О.В. Войналович // Проблеми охорони праці, промислової та цивільної безпеки: Збірник матеріалів Десятої Всеукраїнської науково-методичної конференції (з участю студентів), 13-15 травня. – К.: НТУУ “КПІ”, 2014. – С. 33–38.
4. Панфілова М.В. Охорона праці при технічному обслуговуванні системи охолодження ДВЗ МЕЗ / М.В. Панфілова // Збірник тез I Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів та молодих науковців «Перспективи та тенденції розвитку конструкцій сільськогосподарських машин та знарядь» 16-17 жовтня. – Житомир: ЖНЕУ, 2014. – С. 37–39.

В статье рассмотрены результаты испытания сельскохозяйственные транспортных средств по охране труда.
Средство, труд, испытания.

In paper the results of testing the agricultural vehicle safety.
Tool, work, testing.

УДК 631.3:620.172.21

РЕЗУЛЬТАТИ ВИВЧЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ РЕАЛІЗАЦІЇ СПОСОБІВ НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ ПРИ ЇХ ВИБОРІ

С.С. Карабиньош, кандидат технічних наук

В статті приведено результати вивчення можливостей реалізації різних за своєю природою способів і методів неруйнівного контролю при їх виборі для ефективного виявлення основних дефектів та пошкоджень для отримання адекватних показників при дефектуванні і діагностуванні сільськогосподарських машин.

Дефектування, діагностування, дефекти, пошкодження, деталі, машини, способи, методи, реалізація, виявлення.

Постановка проблеми. Завдання методів і способів неруйнівного контролю для забезпечення надійності, якості сільськогосподарських машин має велике народногосподарське значення для ефективної експлуатації машинно-тракторного парку АТП України.

© С.С. Карабиньош, 2014

Вирішення цих завдань характеризується широким використанням вже визначених напрямків у розвитку науки і техніки, впровадженні принципово нових технологічних процесів у виробництво, а також неперервній заміні існуючих технологій більш ефективними. З іншого боку відсутність цілеспрямованої державної політики на відродження вітчизняного приладобудування в цілому і засобів неруйнівного контролю та технічної діагностики зокрема привело до того, що державний реєстр засобів вимірювань приладами неруйнівного контролю практично не поповнюється. Цьому не сприяє і політика Держстандарту України, який питання метрології, стандартизації та сертифікації засобів та методів неруйнівного контролю практично випустив з уваги. Важливим постає питання обґрунтованого вибору раціонального методу неруйнівного контролю, особливо для деталей машин.

Для успішного вирішення завдань з випуску, ефективної експлуатації та ремонту сучасних сільськогосподарських машин, обладнання і знарядь, як показує практика вітчизняного та закордонного сільськогосподарського машинобудування, необхідно застосовувати комплексно-системний підхід з врахуванням конструктивно-технологічного формування. Основою такого формування є неруйнівний постійний контроль за технічним рівнем виробів, які проектують, виготовляють, експлуатують і ремонтують.

Фундаментальними засадами при втіленні концепції широкого застосування неруйнівного контролю і технічної діагностики є глибоке осмислення взаємодії зондуючого поля з неоднорідностями матеріалу, дефектами, пошкодженнями, точне його математичне моделювання, широке використання новітніх інформаційних технологій. Контроль якості (надійності) сільськогосподарських машин, їх елементів базується на застосуванні проникаючих полів, випромінювань і речовин для отримання необхідної інформації про їх технічний стан та готовність до експлуатації.

Аналіз останніх досліджень. Сільськогосподарське виробництво вимагає проведення ефективного контролю поверхонь деталей. Результати отриманих експериментальних досліджень, практичний досвід та аналіз літературних джерел [1] показали, що фізико-механічні властивості матеріалів, із яких виготовлені деталі мають стохастичну природу і підпорядковуються законам випадкових явищ. Наявність в деталях недосконалостей, а також дефектів дає можливість допустити, що навіть окремі об'єми їх робочих елементів є неоднорідними і можуть оцінюватися тільки законами математичної статистики, теорії імовірності та появи випадкових величин [2]. Вихідним параметром для цього, поряд з ретельним аналізом експлуатаційних даних, має бути інформація

про їх поточний технічний стан. Таку інформацію дає реалізація методів неруйнівного контролю та технічної діагностики. Застосування методів контролю дає можливість відібрати придатну частину продукції для подальшої обробки і використання, встановити і усунути причини виникнення браку. Для визначення обґрунтованого ресурсу сільськогосподарських машин необхідно створити системи безперервного контролю їхньої працездатності.

Це дає змогу стверджувати, що для наукових досліджень, практичних цілей необхідним є застосування методів неруйнівного контролю, які дають можливість оцінювати технічний стан деталей комплексно в поєднанні їх різних оцінок.

Проблемам неруйнівного контролю, технічної діагностики значну увагу в своїх роботах приділяють вчені [5]: А.Н. Гузь, Л.М. Лобанов, В.А. Троїцький, В.А. Пивторак, Ю.К. Бондаренко, А.О. Рассказов, С.П. Тимошенко, М.Н. Беляев, Д.А. Драйгор, І.П. Білокур, В.В. Ключев, В.Т. Бобров, А.В. Мозговий, Т.Л. Лессор, П. Буне та ін.

Незважаючи на досягнуті успіхи та надбані практичні навички, на сьогодні відсутні дані досліджень з вивчення технічного стану деталі, вузла, агрегату чи машини в цілому при різних видах навантаження (по одиноких чи сукупно діючих) з вивченням об'ємних полів мікрODEФОРМУВАННЯ поверхневих шарів [4]. Отримані позитивні результати підвищення надійності сільськогосподарських машин носять частковий характер переважно за рахунок виявлення недосконалостей окремих поверхонь або навіть їх фрагментів.

Несвоєчасна заміна непрацездатної деталі, вузла або агрегата приводить до появи в експлуатації несправної машини. Вірогідність виходу із ладу машини залежить від часу, коли за умов невиявленого вчасно дефекту або пошкодження, відбувається відмова і руйнує її. Основними причинами виникнення цього явища, як встановлено значною кількістю експериментальних досліджень, є мікроструктурна неоднорідність матеріалу, яка обумовлена викривленням кристалічної ґратки, наявністю дефектів внутрішньої макроструктури, викликаних випадковими змінами в технології обробки, умов експлуатації чи виконання ремонтно - обслуговуючих заходів. небезпечною є ситуація, коли при стаціонарному процесі навантаження, виникаючі при цьому напруження набувають нестационарного стохастичного характеру і оперативно і прогнозовано керувати ними практично неможливо.

Мета досліджень. Вивчити можливості реалізації різних методів і способів неруйнівного контролю при їх виборі для отримання ефективних і адекватних оцінок технічного стану сільськогосподарської техніки у довільні моменти проведення контрольних-діагностувальних робіт.

Результати досліджень. Контроль якості (надійності) сільськогосподарських машин, їх елементів базується на застосуванні проникаючих полів, випромінювань і речовин для отримання необхідної інформації про їх технічний стан та готовність до експлуатації. На підприємствах із виготовлення чи ремонту сільськогосподарських машин, в наш час, використовують наступні методи контролю (неруйнівного): магнітний, акустичний, вихорострумний, електричний, тепловий, оптичний, радіохвильовий, рентгенівський, проникаючими речовинами. Фундаментальними засадами при втіленні концепції широкого застосування неруйнівного контролю і технічної діагностики є глибоке осмислення взаємодії зондуючого поля з неоднорідностями матеріалу, дефектами, пошкодженнями, точне його математичне моделювання, широке використання новітніх інформаційних технологій. Важливе значення для прийняття рішення про ресурс сільськогосподарської техніки має опрацювання візуальної дефектоскопічної інформації. Одним з перспективних шляхів тут є спряження апаратури контролю з автоматизованими системами обробки зображень.

В наш час немає достатньо універсального, ефективного методу контролю якості с.г. машин, який міг би давати комплексну оцінку не тільки стану однієї поверхні чи її частини, а всієї деталі, чи суміжних в блоці деталей, вузла або машини в цілому. Дуже важливим є також безпека праці при контролі, вплив на навколишнє середовище, можливість застосування нешкідливих для людського організму речовин, безконтактність з поверхнею деталі, можливість виявляти приховані дефекти, встановлювати рівень напружень в поверхневих шарах, мати технологічну нескладність реалізації у виробничих умовах та інше.

Проведено експериментальні дослідження із виявлення реальних меж застосування того чи іншого способу неруйнівного контролю на базі дев'яти з них та двадцяти трьох основних видів дефектів і пошкоджень, які присутні після механічної обробки деталей чи їх експлуатації та по завершенню ремонтно-обслуговуючих робіт. Розраховано імовірнісні показники застосування кожного виду дефектів на базі 25-ти кратного повторювання експерименту. Умовою, яка обмежує конкретну ситуацію є наявність всіх чи групи дефектів найменованих у1 – у23. Цей діапазон може бути зменшений відповідно до реально отриманих значень або розширений з потребою проведення додаткових експериментальних досліджень. Реалізація цих методів запобігає різко зменшити випуск дефектної продукції, кількість аварійних ситуацій й створити у споживача впевненість про високий рівень якості запропонованих виробів.

Базовим зразками служили деталі сільськогосподарської техніки. Результати розрахунків приведено в таблиці. В таблиці приведено скорочення: лиття, наплавлення шлакові включення – у1; раковини – у2; пористість – у3; ліквіація – у4; тріщини – у5; пустоти – у6; обробка тиском внутрішні тріщини (під поверхневі) – у7; розшарування – у8; вм'ятини – у9; поверхневі тріщини – у10; термічна, хіміко-термічна обробка тріщини – у11; водневі тріщини – у12; перепал – у13; механічна, обробка: тріщини – у14; пропали – у15; волосовини – у16; з'єднання металів: металургійні тріщини – у17; зварювальні тріщини – у18; непроклей – у19; непропай – у20; експлуатація: корозія: поверхнева – у21; міжкристалічна – у22; втомні тріщини – у23.

Приведені скорочення мають позначення: P_{kij} – загальна імовірність виявлення дефектів всією гамою приведених методів неруйнівного контролю; X_{ij} – середньоквадратичне відхилення імовірності виявлення конкретного дефекту зазначеними методами; D_{ij} – дисперсія; M_{ij} – мода. Аналіз таблиці дозволив встановити, що особливостями виявленні найбільшої кількості характерних дефектів володіють наступні методи неруйнівного контролю, які мають сумарну імовірність знаходження дефектів: комп'ютерна голографія $\Sigma P_{k5} = 0,0012$; акустичні: відбитого $\Sigma P_{k2} = 4,67E-08$; проникаючого $\Sigma P_{k1} = 1,23E-09$ випромінювання; голографічний $\Sigma P_{k4} = 5,21E-10$; вихороструменевий (трансформаторний) $\Sigma P_{k3} = 5,11E-10$; магнітопорошковий $\Sigma P_{k7} = 4,45E-11$ та електричний $\Sigma P_{k6} = 1,57E-10$; інші методи мають дуже малу імовірність виявлення на базі 23 визначених дефектів, які було виявлено на практиці в широкій номенклатурі деталей сільськогосподарського виробництва.

Експериментальними дослідженнями встановлено та практично підтверджено, що жоден конкретно розглянутий метод неруйнівного контролю не є універсальним, має певну обмежену область застосування. Більшість із них дозволяє реєструвати характеристики дефекту наближено, без їх кількісних значень, глибини залягання, конфігурації, розмірів або зовсім не фіксує приховані пошкодження. З іншого боку, контроль за станом сільськогосподарських машин, особливо в експлуатації, зв'язаний з певними труднощами (забруднення, корозія, значні ушкодження та інше) значно ускладнює застосування більшості методів неруйнівного контролю. В таких випадках мають перевагу безконтактні і автоматизовані методи.

Висновки

Проведені експериментальні дослідження та розрахунки імовірнісних показників характеристик методів вказують на необхідність в створенні нових сучасних і удосконаленні існуючих

методів. Повинно бути вирішене питання їх комплексного поєднання при розробці критеріїв застосування того чи іншого методу неруйнівного контролю у визначенні рівня працездатності конкретних деталей при виготовленні або відновленні із вибором раціонального методу обробітку.

Актуальним залишається розв'язання проблеми наявності напружених зон в контактних навантажених шарах робочих поверхонь деталей і пов'язаних із цим граничних станів виробів. З іншого боку, контроль за станом сільськогосподарських машин, особливо в експлуатації, зв'язаний з певними труднощами (забруднення, корозія, значні ушкодження та інше) значно ускладнює застосування більшості методів неруйнівного контролю. В таких випадках мають перевагу безконтактні і автоматизовані методи. Принциповою особливістю створення нових методів неруйнівного контролю є застосування сучасних комп'ютеризованих систем, що дають можливість всебічно досліджувати вироби, встановлювати їх технічний стан, накопичувати, статистично обробляти отриману інформацію, швидко і якісно ідентифікувати дефекти, пошкодження, класифікувати їх, визначати характеристики, параметри та інше на результатах проведених досліджень та отриманих імовірнісних характеристиках показників вибору методу неруйнівного контролю.

Проведений аналіз літературних джерел, накопичений практичний досвід, отримані попередні результати теоретичних та експериментальних досліджень вказують на можливість повної комп'ютеризації в поєднанні із системним комплексним підходом, що є найбільш актуальним і практично цінним в модернізації, удосконаленні та створенні нових методів неруйнівного контролю.

Список літератури

1. *Карабинеш С.С.* Дефекты. Повреждения деталей. Методы их определения / *С.С. Карабинеш.* – Германия, Саабрюкен, Lambert, 2013. – 73с.
2. *Карабиньош С.С.* Обґрунтування дослідження технічного стану сільськогосподарських машин голографічними методами / *С.С. Карабиньош* // *Механізації та електрифікації сільського господарства.* – Глеваха, 2006, ННЦ „ІМЕСГ”, 2012. – Вип. 90. – С. 165–170.
3. *Карабиньош С.С.* Результати порівняльних випробувань методів неруйнівного контролю / *С.С. Карабиньош* // *Механізації та електрифікації сільського господарства.* – Глеваха: ННЦ „ІМЕСГ”, 2008. – Вип. 92. – С. 422–427.
4. *Karabinesh S.S.* Structurally-technological methods providing of reliability of agricultural technique by computer holography / *S.S. Karabinesh* // *Motrol.* – 2012. – Vol. 14. – №3. – С. 12–19.
5. *Карабинеш С.С.* Диагностика технического состояния и прогнозирование остаточного ресурса / *С.С. Карабинеш* // *Контроль. Диагностика.* – 2013. – №3. – С. 74–78.

В статье приведены результаты изучения возможностей реализации разных по своей природе способов и методов неразрушающего контроля при их выборе для эффективного выявления основных дефектов и повреждений для получения адекватных показателей при дефектовке и диагностировании сельскохозяйственных машин.

Дефектовка, диагностирование, дефекты, повреждения, детали, машины, способы, методы, реализация, выявление.

There are presented results over of study of marketabilities of different on the nature methods of non-destructive control are brought for the effective exposure of basic defects and damages at their choice for the receipt of adequate indexes at defect finding and diagnosing of agricultural machines in the article.

Defect finding, diagnosing, defects, damages, details, machines, methods, realization, exposure.

УДК 621.873

ДИНАМІЧНИЙ АНАЛІЗ РУХУ КРАНА-ШТАБЕЛЕРА З УРАХУВАННЯМ МЕХАНІЧНОЇ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДВИГУНА

***В.С. Ловейкін, доктор технічних наук
Ю.О. Ромасевич, кандидат технічних наук
В.В. Крушельницький, аспірант****

В роботі проведений динамічний аналіз руху крана-штабелера. Поставлене завдання вирішене за допомогою чисельного інтегрування диференціальних рівнянь руху крана-штабелера. Результати роботи проілюстровані графіками, що характеризують процес розгону колони крана-штабелера.

Кран-штабелер, динамічні навантаження, динамічна модель, колона крана-штабелера, динамічний аналіз.

Постановка проблеми. Сучасний розвиток науки і техніки привів до комплексної автоматизації складських приміщень. Застосування кранів-штабелерів дає змогу більш ефективніше використовувати складські приміщення. Якісне керування механізмами цих кранів оцінюється такими показниками як кількість витраченої електроенергії, точність позиціонування, величиною

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

© В.С. Ловейкін, Ю.О. Ромасевич, В.В. Крушельницький, 2014

В статье приведены результаты изучения возможностей реализации разных по своей природе способов и методов неразрушающего контроля при их выборе для эффективного выявления основных дефектов и повреждений для получения адекватных показателей при дефектовке и диагностировании сельскохозяйственных машин.

Дефектовка, диагностирование, дефекты, повреждения, детали, машины, способы, методы, реализация, выявление.

There are presented results over of study of marketabilities of different on the nature methods of non-destructive control are brought for the effective exposure of basic defects and damages at their choice for the receipt of adequate indexes at defect finding and diagnosing of agricultural machines in the article.

Defect finding, diagnosing, defects, damages, details, machines, methods, realization, exposure.

УДК 621.873

ДИНАМІЧНИЙ АНАЛІЗ РУХУ КРАНА-ШТАБЕЛЕРА З УРАХУВАННЯМ МЕХАНІЧНОЇ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДВИГУНА

***В.С. Ловейкін, доктор технічних наук
Ю.О. Ромасевич, кандидат технічних наук
В.В. Крушельницький, аспірант****

В роботі проведений динамічний аналіз руху крана-штабелера. Поставлене завдання вирішене за допомогою чисельного інтегрування диференціальних рівнянь руху крана-штабелера. Результати роботи проілюстровані графіками, що характеризують процес розгону колони крана-штабелера.

Кран-штабелер, динамічні навантаження, динамічна модель, колона крана-штабелера, динамічний аналіз.

Постановка проблеми. Сучасний розвиток науки і техніки привів до комплексної автоматизації складських приміщень. Застосування кранів-штабелерів дає змогу більш ефективніше використовувати складські приміщення. Якісне керування механізмами цих кранів оцінюється такими показниками як кількість витраченої електроенергії, точність позиціонування, величиною

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

© В.С. Ловейкін, Ю.О. Ромасевич, В.В. Крушельницький, 2014

динамічних навантажень, кількість операцій, що виконуються за одиницю часу, тривалість перехідних процесів. В складському приміщенні кран-штабелер є основним засобом доступу до вантажу. При виході із ладу обладнання для обслуговування складу зупиняється обслуговування стелажів з вантажем, тобто фактично зупиняється робота складського комплексу в цілому. Для уникання таких ситуацій, при використанні крана штабелера в складських приміщеннях, необхідно своєчасно проводити технічне обслуговування. Також при роботі механізмів крана мають забезпечуватись показники надійності та довговічності а також мінімальні значення динамічних навантажень на механізми переміщення та несучу металоконструкцію крана. Тому динамічні навантаження необхідно мінімізувати. Для цього виникає необхідність проведення динамічного аналізу руху крана-штабелера.

Аналіз останніх досліджень. Дослідженнями покращення динамічних характеристик кранів-штабелерів займалися багато науковців [1–5]. Їхні дослідження, в основному, базуються на удосконаленні системи керування, а саме розробці алгоритмів руху системи та програмного забезпечення.

Слід відмітити роботи [2, 4, 5], так наприклад автор роботи [2] розробив математичну модель основних елементів крана-штабелера ОК-1,0. В моделі враховувано, що двигуни приводів включаються одночасно, також гальма накладаються одночасно, маси моста, візка, приведена і колони прикладені до поступального руху, маса механізму переміщення зосереджена в середині прольота моста, а залежність в'язкого тертя прийнята прямо-пропорційною від швидкості. Автор роботи [4] займався оптимізацією стелажних робіт, досліджував динаміку крана-штабелера РС-1,0, розробив його математичну та динамічну моделі. Автори роботи [5] займалися динамічним та математичним моделюванням, коливаннями конструкції колони під дією нерівностей підкранового шляху, навантаженнями, що діють на кран-штабелер при наїзді низом колони на перешкоду та тиском катків мостового крана-штабелера на кранові шляхи.

Метою досліджень є проведення динамічного аналізу руху крана-штабелера в процесі розгону колони крана-штабелера.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання: побудувати динамічну та математичну моделі, що описують рух крана-штабелера з вантажем; розв'язати рівняння руху та побудувати графіки, що характеризують перехідний процесу пуску крана-штабелера, з урахуванням прикладеного приводного зусилля, яке змінюється за рівнянням Клосса [6]; проаналізувати отримані результати.

Результати досліджень. Для проведення дослідження прийнято двомасову динамічну [4] модель (рис. 1), що описує рух механічної системи, з наступними припущеннями: приведена маса m_1 включає масу колони та обладнання закріпленого на ній; приведена маса m_2 включає масу вантажу; рух мас m_1 та m_2 визначається відповідно узагальненими координатами x_1 і x_2 ; пружний зв'язок між масами характеризується згинною постійною жорсткістю c ; зусилля F прикладене до приводного колеса, змінюється за рівнянням Клосса; опір переміщення W крана-штабелера прикладений до поступального руху. На рис. 1 зображено: m_1 – маса колони та обладнання закріпленого на ній; m_2 – маса вантажу; x_1 та x_2 – узагальнені координати мас m_1 та m_2 ; c – згинна жорсткість колони; F – сила приводного механізму приведена до приводного колеса.

Для подальших розрахунків використовуємо параметри крана-штабелера РС-1.0 [4] з двигуном АІР112МВ6 та розрахункові параметри моделі наведені у табл.1. Динамічна модель, що зображена на рис. 1, описується наступною системою диференціальних рівнянь [4]:

$$\begin{cases} m_1 \ddot{x}_1 + c(x_1 - x_2) = F - W; \\ m_2 \ddot{x}_2 + c(x_2 - x_1) = 0. \end{cases} \quad (1)$$

1. Розрахункові параметри математичної моделі.

Параметр	Величина
Опір переміщення крана-штабелера, W	921,75 Н
Діаметр ходового колеса	0,2 м
Передаточне число механізму	6,63
Коефіцієнт корисної дії механізму,	0,91
Вага вантажу, m_2	9810 Н
Вага колони і обладнання закріпленого на ній, m_1	41398,2 Н
Жорсткість колони, c	$1,326 \cdot 10^6$ Н/м
Максимальний крутний момент двигуна	92,53 Н·м
Критичне ковзання двигуна	0,22
Кутова швидкість ідеального холостого ходу	104,7 рад/с

Система рівнянь (1) є нелінійною за рахунок не лінійності приводного зусилля, тому для її інтегрування необхідно використати чисельні методи. У результаті чисельного інтегрування математичної моделі (1) отримані графіки, які наведені на рис. 2 і рис. 3.

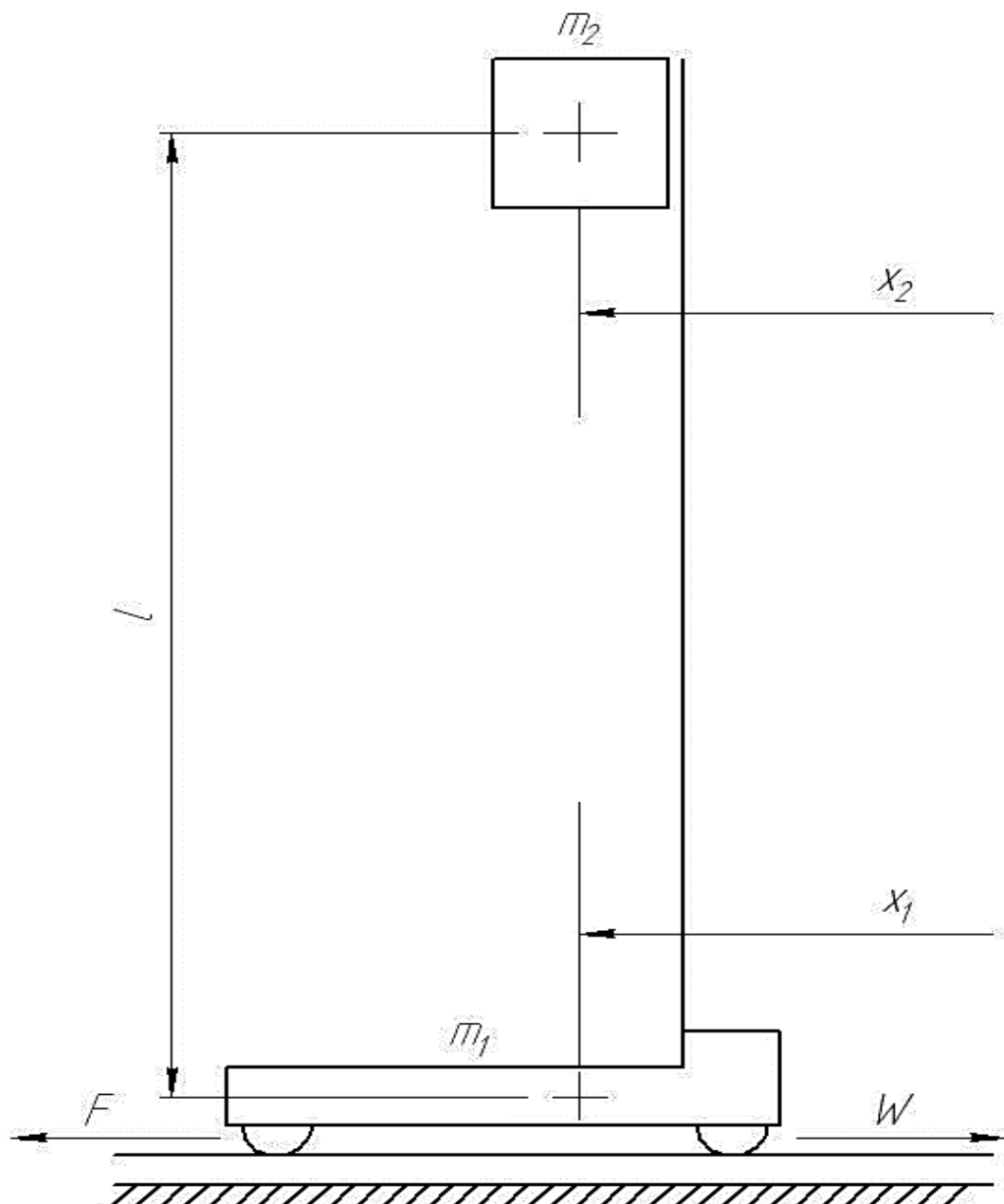
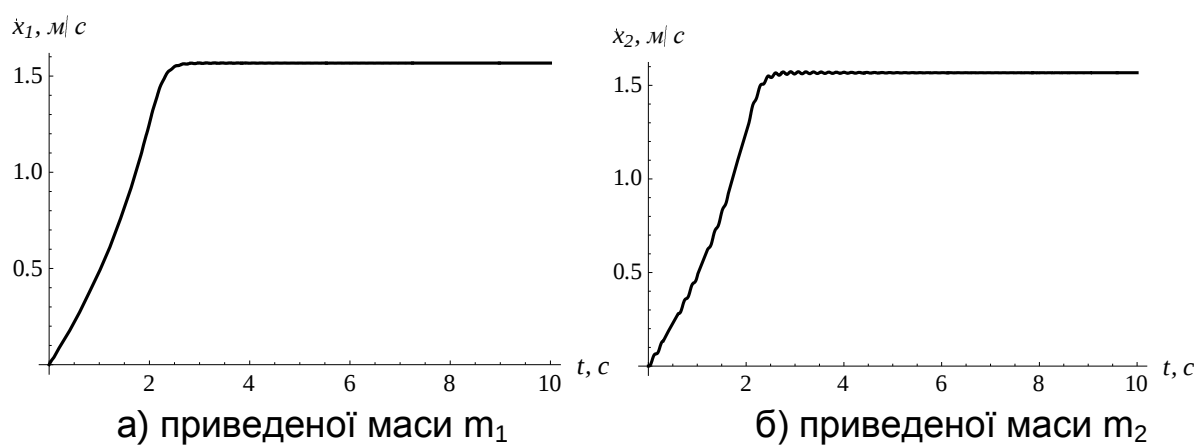


Рис. 1. Динамічна модель крана-штабелера із ванатжем.



а) приведеної маси m_1
Рис. 2. Графіки зміни швидкості.

б) приведеної маси m_2

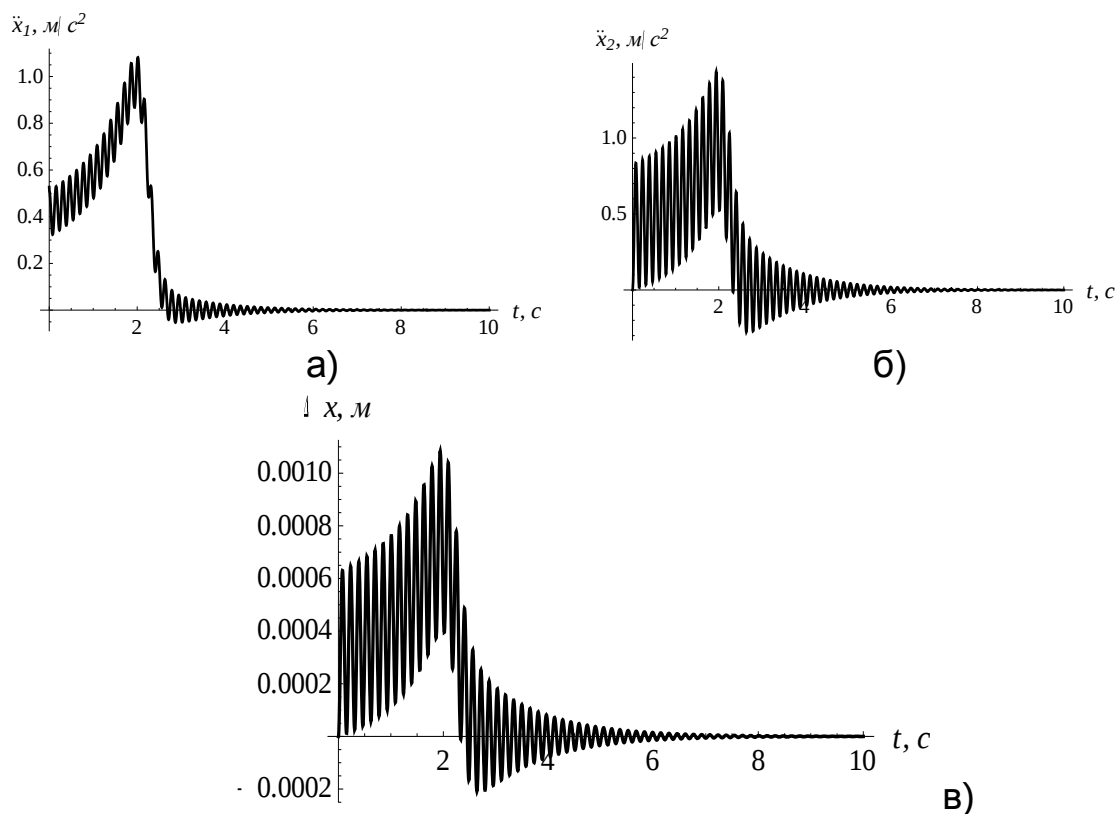


Рис. 3. Графіки зміни: а) прискорення приведеної маси m_1 ; б) прискорення приведеної маси m_2 ; в) відхилення колони при горизонтальному переміщені в момент перехідного процесу розгону.

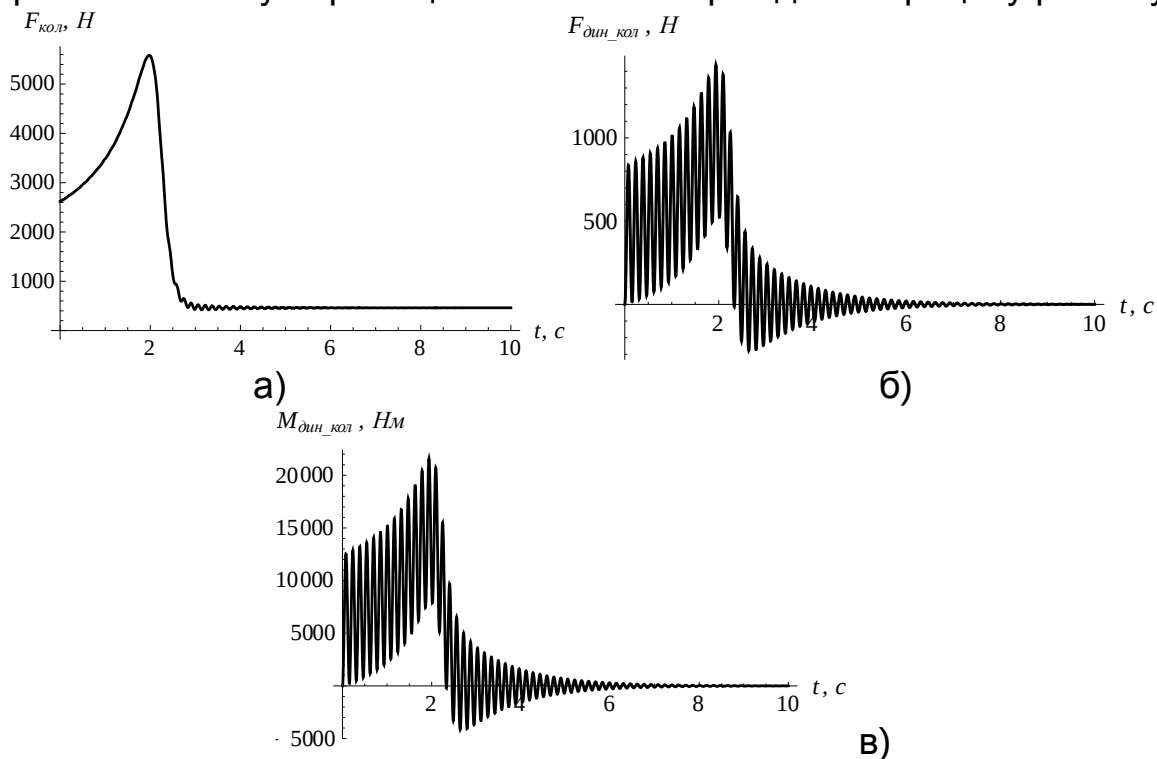


Рис. 4. Графіки зміни: а) зусилля прикладеного до приводного колеса; б) динамічного зусилля прикладеного до приводного колеса; в) крутного моменту колони, що виникає під дією динамічного зусилля прикладеного до ходового колеса.

Висновок. Усунути коливання колони, під час початку руху можливо шляхом оптимізації перехідного процесу розгону/гальмування. Оптимізація перехідного процесу дасть змогу зменшити динамічні навантаження на металоконструкції крана-штабелера та покращить динамічні показники кранового механізму.

Список літератури

1. *Антонец И.В.* Разработка и исследование бесконтактных децентрализованных устройств адресования систем управления автоматизированными транспортно-складскими комплексами : автореф. дис. на соиск. уч. степени доктора тех. наук: спец. 05.13.05 «Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления» / *И.В. Антонец*. – Ульяновск, 2008. – 28 с.
2. *Поляков С.В.* Математическое моделирование виброактивной системы мостового крана-штабелера с переменными параметрами : автореф. дис. на соиск. уч. степени канд. тех. наук: спец. 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» и 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы» / *С.В. Поляков*. – Ульяновск, 2009. – 19 с.
3. *Седых М.И.* Повышение эффективности автоматизированных механообрабатывающих участков серийного производства путем рационального построения приемо-сдаточных секций: автореф. дис. на соиск. уч. степени кандидата технических наук: спец. 05.13.06 «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (технические системы)» / *М.И. Седых*. – М., 2007. – 26 с.
4. *Зерцалов А.И.* Краны-штабелеры: Изд. 2-е доп. и переработ / *А.И. Зерцалов, Б.И. Певзнер*. – М., «Машиностроение», 1974. – 216с.
5. *Ключник А.Л.* Анализ динамического поведения и оптимизация стелажных роботов: дис. канд. тех. наук / *Александр Леонидович Ключник*. – Х., 1992. – 180 с.
6. *Крицштейн А.М.* Электрические машины: Методические указания / *А.М. Крицштейн*. – Ульяновск: УлГТУ, 2003. – 51 с.

В работе проведен динамический анализ движения крана-штабелера. Поставленная задача решена с помощью численного интегрирования дифференциальных уравнений движения крана-штабелера. Результаты работы проиллюстрированы графиками, характеризующие процесс разгона колонны крана-штабелера.

Кран-штабелер, динамические нагрузки, динамическая модель, колонна крана-штабелера, динамический анализ.

The work carried out dynamic analysis of crane Stacker. Of task solved by numerical integration of differential equations of crane Stacker. The results of illustrated graphs that characterize the process of overclocking Stacker crane column.

Truck Stacker, dynamic loading, dynamic model, mathematical model, reduced weight, Stacker crane column, dynamic analysis.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЧАСТОТИ ОБЕРТАННЯ ВАЛУ МІШАЛКИ НА ЛУЖНІСТЬ ДИЗЕЛЬНОГО БІОПАЛИВА ПРИ ЙОГО ОЧИЩЕННІ

О.В. Поліщук, здобувач*

Наведені методика та результати дослідження впливу частоти обертання валу мішалки на лужність дизельного біопалива при його очищенні. Встановлена оптимальна частота валу мішалки при нейтралізації дизельного біопалива за температури 40 °С

Дизельне біопаливо, лужність, мішалка, частота обертання, нейтралізація, метиловий ефір, соапсток.

Постановка проблеми. При виробництві дизельного біопалива (метилового ефіру) за традиційною технологією для прискорення реакції метанолізу обов'язково застосовується кислотний або лужний каталізатор. Гетерогенний каталізатор при виробництві бізельного біопалива використовується рідко, в основному слугує гомогенний каталізатор. У разі застосування кислотного каталізатора тривалість реакції становить від однієї до 45 годин, лужного – від декількох десятків хвилин до 8 годин (залежно від температури і тиску). По причині більш швидкого проходження реакції метанолізу головним чином використовується лужний каталізатор (гідроксид калію або натрію), розчин якого в метанолі додається до жирів для отримання дизельного біопалива. Однак сам каталізатор не вступає в реакцію метанолізу, а тільки її прискорює. Тому у виготовленому дизельному біопаливі він залишається повністю, викликаючи корозію двигуна. Продукти корозії, потрапляючи в зазор між циліндром та поршнем, викликають їх абразивне зношення. В разі потрапляння їх в паливну систему, вони можуть забивати паливні фільтри, або зовсім блокувати роботу паливної апаратури внаслідок неможливості розпилення палива через форсунки [1, 2].

Одним із способів видалення каталізатора з дизельного біопалива при традиційній технології його виробництва є його нейтралізація кислотою з наступним видаленням утвореного соапстоку. В роботі [3] встановлені оптимальні об'єми 1% водного розчину лимонної кислоти для нейтралізації дизельного біопалива до лужності нижче 5 мг/кг у відповідності до DIN 51606 [4], які при рН

*Науковий керівник – доктор технічних наук В.О. Дубровін

© О.В. Поліщук, 2014

біодизеля 9,45 становлять 4,5-6 мл на 100 мл метилового ефіру, при $pH=8,32$ – 4-5 мл на 100 мл метилового ефіру. При цьому перемішування реагентів проводилось на магнітній мішалці при частоті обертання магнітного перемішуючого пристрою 214 об/хв. Однак вплив ефективності нейтралізації дизельного біопалива при інших частотах обертання мішалки не визначався.

Тому **метою** наших **досліджень** є встановлення впливу частоти обертання мішалки на лужність дизельного біопалива при його очищенні.

Результати досліджень. Метиловий ефір для дослідження вироблявся із олії з рижію (83%) з кислотним числом 7,75 мг KOH/г, до якої додавався метилат калію (17%). Компоненти перемішувались на магнітній мішалці (рис. 1,а) при температурі 40°C протягом 15 хв., після чого продукти реакції переливались у ділильну лійку (рис. 1,б), де вони протягом двох годин розділялись на метиловий ефір і сирий гліцерин. В результаті отримували 82% метилового ефіру і 18% сирого гліцерину. Сирий гліцерин зливали, а з метилового ефіру шляхом дистиляції при температурі 65°C (рис. 2) при постійній аерації повітрям видаляли надлишок метанолу (0,9% від об'єму метилового ефіру).



а)



б)

Рис. 1. Виготовлення дизельного біопалива: а – перемішування реагентів на магнітній мішалці; б – розділення продуктів реакції на метиловий ефір і сирий гліцерин.



Рис. 2. Видалення залишків метанолу із дизельного біопалива.

Визначення впливу параметрів мішалки на лужність дизельного біопалива при його очищенні проводилось на лабораторній установці, яка складається із рідинного термостата ТЖ-ТС-01/16 і верхньоприводної мішалки EUROSTAR digital. Досліджуваний зразок очищеного від метанолу дизельного

біопалива об'ємом 300 мл наливали в лабораторний стакан місткістю 0,5 л, який закріплювали на штатив, і помішали в воду, налиту в рідинний термостат (рис. 3).



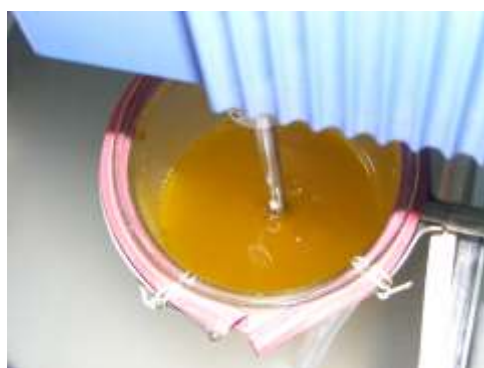
Рис. 3. Лабораторна установка для визначення впливу параметрів мішалки на лужність дизельного біопалива.

На тому ж штативі закріплювали верхньоприводну мішалку із чотирилопатевою мішалкою із похилими лопатями. За допомогою регулятора виставляли необхідну частоту обертання валу мішалки.

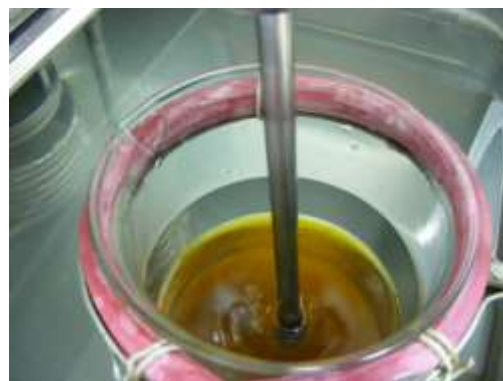
Дослідження впливу параметрів мішалки на лужність дизельного біопалива проводили при температурах нейтралізації 20°C і 40°C, і частотах обертання валу мішалки 200; 350; 500 і 650 об/хв (рис. 4). Час перемішування становив 5 хв. Як видно із рис. 4, частота обертання валу мішалки 200 об/хв не викликає збурень метилового ефіру, а його рух в стакані близький до ламінарного. При зростанні частоти обертання валу мішалки в дизельному біопаливі з'являється воронка, глибина якої збільшується при зростанні частоти обертання валу мішалки, і при 650 об/хв дно воронки майже сягає лопатей мішалки.

Після нейтралізації метиловий ефір переливали в ділильні воронки (рис 5,а) або поліетиленові пляшки (рис. 5,б) і давали відстоятись протягом 2-3 діб (при збільшенні температури довіклля час відстоювання зменшувався).

Під час відстоювання на дні пляшки чи воронки осідає соапсток – солі калію, мило, утворене в результаті нейтралізації гідроксиду калію лимонною кислотою (рис. 6), а метиловий ефір із мутного стає прозорим. Освітлений біодизель зливають і визначають його лужність за методикою, описаною в [5]. Результати експериментальних досліджень впливу параметрів мішалки на лужність біодизеля при його нейтралізації наведені на рис. 7.



200 об/хв



350 об/хв



500 об/хв.



650 об/хв

Рис. 4. Нейтралізація метилового ефіру при перемішуванні з частотою обертання валу мішалки.



а)



б)



Рис. 5. Відстоювання нейтралізованого метилового ефіру: а – в ділільних воронках; б – при переливанні в поліетиленові пляшки.

Рис. 6. Осідання солей калію на дно поліетиленової пляшки.

Початкова лужність дизельного біопалива в досліді становила 37,9 мг/кг. Як видно із рис. 7, зниження його лужності спостерігається при підвищенні температури, за якої проходить процес нейтралізації. При температурі нейтралізації 20°C не вдається досягти лужності метилового ефіру нижче 5 мг/кг (згідно стандарту DIN 51606) при будь-яких значеннях частоти обертання валу мішалки.

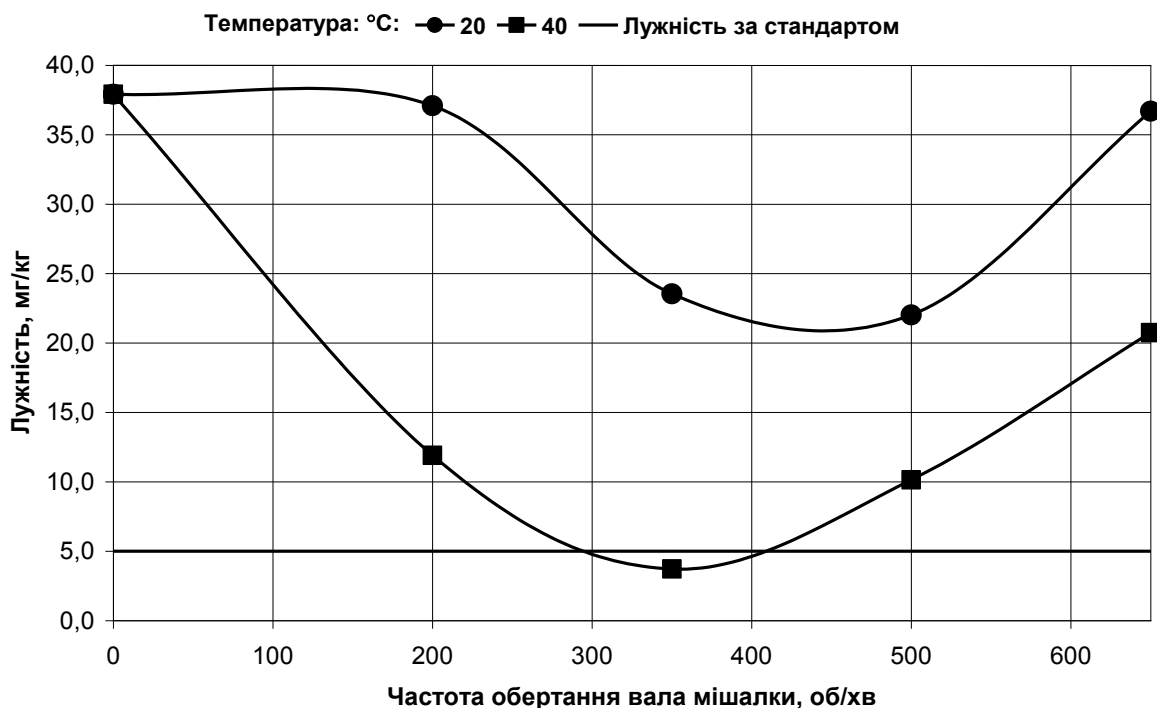


Рис. 7. Залежність лужності метилового ефіру від частоти обертання мішалки при його нейтралізації.

При температурі нейтралізації 40°C оптимальною частотою обертання валу мішалки, при якій лужність дизельного біопалива нижче 5 мг/кг (а саме 3,7 мг/кг), становить 350 об/хв. Як при зниженні частоти обертання мішалки, так і при її зростанні, лужність нейтралізованого дизельного біопалива збільшується і перевищує значення, вказане в стандарті. Неякісна нейтралізація метилового ефіру при низьких частотах обертання валу мішалки пояснюється поганим перемішуванням реагентів, при високих частотах обертання валу мішалки – утворенням воронки, яка також утруднює перемішування.

Висновок. При температурі нейтралізації 40°C оптимальною частотою обертання валу мішалки, при якій лужність дизельного біопалива нижча 5 мг/кг (а саме 3,7 мг/кг), становить 350 об/хв. Як при зниженні частоти обертання мішалки, так і при її зростанні, лужність нейтралізованого дизельного біопалива збільшується і перевищує значення, вказане в стандарті. Погана нейтралізація дизельного біопалива при низьких частотах обертання валу мішалки пояснюється поганим перемішуванням реагентів, при високих частотах обертання валу мішалки – утворенням воронки, яка також утруднює перемішування.

Список літератури

1. Дубровін В.О. Технічні засоби для виробництва біодизеля / В.О. Дубровін, В.Г. Мироненко, В.М. Поліщук, А.І. Мороз // Науковий вісник Національного

університету біоресурсів і природокористування. – К.: НУБіП України, 2011. – Вип. 166, ч. 2. – С. 67–72.

2. Поліщук В.М. Технології виробництва біодизеля (Огляд) / В.М. Поліщук, С.Є. Тарасенко, І.Д. Гуменюк, М.М. Яструб, О.В. Поліщук // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування. – К.: НУБіП України, 2010. – Вип. 144, ч. 3. – С. 354–359.

3. Полищук А.В. Исследование эффективности нейтрализации биодизеля / А.В. Полищук, Н.И. Козак, В.М. Поліщук // Сборник научных трудов SWorld. – Вип. 3. – Т. 12. – Иваново: Маркова АД, 2013. – ЦИТ. 313-0270. – С. 18–22.

4. *International standards for BIODIESEL* – Jakarta, Indonesia: Rob-Oil Corporation – 2 p.

5. ГОСТ 11362-96: Нефтепродукты и смазочные материалы. Число нейтрализации. Метод потенциометрического титрования. – [Действителен от 1996-06-01]. – М.: Стандартинформ – 18. – (Межгосударственный стандарт).

Приведены методика и результаты исследования влияния частоты вращения вала мешалки на щелочность дизельного биотоплива при его очистке. Установлена оптимальная частота вала мешалки при нейтрализации дизельного биотоплива при температуре 40 °C.

Дизельное биотопливо, щелочность, мешалка, частота вращения, нейтрализация, метиловый эфир, соапсток.

The methods and results of studies of the effect of frequency of rotation of the agitator shaft alkalinity of biodiesel in its cleaning. It was found the optimal frequency of the agitator shaft, while neutralizing the biodiesel fuel at 40 °C.

Biodiesel, alkalinity, stirrer speed,, neutralization, methyl ester, soapstock.

УДК 546.2.001

TERMS OF SOLUTIONS OF WEAKLY PERTURBED LINEAR BOUNDARY PROBLEMS (IF $k = -2$)

R.F. Ovchar

It is proposed and proved a theorem to obtain sufficient conditions for the existence of solutions of weakly perturbed linear inhomogeneous boundary value problem in the case where the condition $P_{B_0} = 0$, $P_{B_0}^ P_{Q_d}^* = 0$ is not fulfilled.*

Heterogeneity, boundary value problems, solutions.

© R.F. Ovchar, 2014

університету біоресурсів і природокористування. – К.: НУБіП України, 2011. – Вип. 166, ч. 2. – С. 67–72.

2. Поліщук В.М. Технології виробництва біодизеля (Огляд) / В.М. Поліщук, С.Є. Тарасенко, І.Д. Гуменюк, М.М. Яструб, О.В. Поліщук // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування. – К.: НУБіП України, 2010. – Вип. 144, ч. 3. – С. 354–359.

3. Полищук А.В. Исследование эффективности нейтрализации биодизеля / А.В. Полищук, Н.И. Козак, В.М. Поліщук // Сборник научных трудов SWorld. – Вип. 3. – Т. 12. – Иваново: Маркова АД, 2013. – ЦИТ. 313-0270. – С. 18–22.

4. *International standards for BIODIESEL* – Jakarta, Indonesia: Rob-Oil Corporation – 2 p.

5. ГОСТ 11362-96: Нефтепродукты и смазочные материалы. Число нейтрализации. Метод потенциометрического титрования. – [Действителен от 1996-06-01]. – М.: Стандартинформ – 18. – (Межгосударственный стандарт).

Приведены методика и результаты исследования влияния частоты вращения вала мешалки на щелочность дизельного биотоплива при его очистке. Установлена оптимальная частота вала мешалки при нейтрализации дизельного биотоплива при температуре 40 °C.

Дизельное биотопливо, щелочность, мешалка, частота вращения, нейтрализация, метиловый эфир, соапсток.

The methods and results of studies of the effect of frequency of rotation of the agitator shaft alkalinity of biodiesel in its cleaning. It was found the optimal frequency of the agitator shaft, while neutralizing the biodiesel fuel at 40 °C.

Biodiesel, alkalinity, stirrer speed,, neutralization, methyl ester, soapstock.

УДК 546.2.001

TERMS OF SOLUTIONS OF WEAKLY PERTURBED LINEAR BOUNDARY PROBLEMS (IF $k = -2$)

R.F. Ovchar

It is proposed and proved a theorem to obtain sufficient conditions for the existence of solutions of weakly perturbed linear inhomogeneous boundary value problem in the case where the condition $P_{B_0} = 0$, $P_{B_0}^ P_{Q_d}^* = 0$ is not fulfilled.*

Heterogeneity, boundary value problems, solutions.

© R.F. Ovchar, 2014

Problem. The relevance of this topic is due, above all, the importance of the practical application of the theory of boundary value problems in the theory of nonlinear oscillations, the theory of stability of motion, control theory, a number of geophysical problems. On the other hand, the article received significant new findings complement research on the theory of nonlinear oscillations for slabobzurennyh boundary problems.

The aim – to find sufficient conditions for the existence of solutions of linear nonhomogeneous impulsive boundary value problems with small perturbations when generating boundary value problem of impulsive has solutions for arbitrary right-hand side.

Materials and methods research. In the study of solutions of the problem used methods of perturbation theory developed in the writings A. Lyapunov and his followers, asymptotic methods of nonlinear mechanics, developed in the writings M. Krylov, M. Bogolyubov, Y. Mytropolsky, A. Samoilenko.

Results. We introduce the following notation: $Q = lX(\cdot) - (m \times n)$ – dimensional matrix; $Q^* = Q^T - (n \times m)$ – dimensional matrix; $P_{Q^*} - (m \times n)$ – dimensional matrix (orthoprojector), that projects $\mathbb{R}^m$ на $N(Q^*)$, $P_{Q^*}: \mathbb{R}^m \rightarrow N(Q^*)$; $P_{Q_d^*} - (d \times m)$ – dimensional matrix, which string is a complete system d linearly independent rows of the matrix P_{Q^*} ; $Q^+ -$ unique psevdouniverse to $Q(n \times m)$ –dimensional matrix; $P_{B_0} - (r \times r)$ – to dimensional matrix (orthoprojector), that projects R^r to null space $N(B)$ $(d \times r)$ – dimensional matrix $B_0, P_{B_0}: R^r \rightarrow N(B_0)$; $P_{B_0^*} - (d \times d)$ – dimensional matrix (orthoprojector), that projects R^d to null space $N(B_0^*)$ $(r \times d)$ – dimensional matrix $B_0^* = B_0^T$, $P_{B_0^*}: \mathbb{R}^d \rightarrow N(B_0^*)$.

If $P_{B_0} = 0$, $P_{B_0^*}P_{Q_d^*} = 0$ false, then to obtain sufficient conditions for the existence of solutions of the boundary value problem:

$$\begin{cases} \dot{z} = A(t)z + \varepsilon A_1(t)z + f(t), & t \neq \tau_i; \\ \Delta z|_{t=\tau_i} - S_i z = a_i + \varepsilon A_{1i} z(\tau_i - 0); \\ lz = \alpha + \varepsilon l_1 z \end{cases} \quad (1)$$

with random inhomogeneities $f(t) \in C([a, b] \setminus \{\tau_i\}_I)$, $a_i \in \mathbb{R}^n$ and $\alpha \in R^m$ we have a theorem which generalizes the corresponding result for boundary value problems with impulses from [1]

Theorem. Let $\text{rank } Q = n_1 < n$ and

$$P_{Q_d^*} \left\{ \alpha - l \int_a^b K(\cdot, \tau) f(\tau) d\tau - l \sum_{i=1}^p \bar{K}(\cdot, \tau_i) a_i \right\} = 0, d = m - n_1,$$

false. In other words, suppose that the generating boundary value problem that results from (1) with $\varepsilon = 0$:

$$\begin{cases} \dot{z} = A(t)z + f(t), & t \neq \tau_i; \\ \Delta z|_{t=\tau_i} - S_i z = \alpha_i; \\ lz = \alpha \end{cases} \quad (2)$$

hasn't solutions for arbitrary inhomogeneities $f(t) \in C([a, b] \setminus \{\tau_i\}_I)$, $a_i \in \mathbb{R}^n$, $\alpha \in \mathbb{R}^m$. Then just following statements are equivalent:

a) for arbitrary $f(t) \in C([a, b] \setminus \{\tau_i\}_I)$, $a_i \in \mathbb{R}^n$ and $\alpha \in \mathbb{R}^m$ boundary value problem (1) has a unique solution $z(t, \varepsilon)$ as convergent with $\varepsilon \in (0, \varepsilon_*]$ series

$$z(t, \varepsilon) = \sum_{i=-2}^{+\infty} \varepsilon^i z_i(t); \quad (3)$$

б) an arbitrary r -dimensional constant vector $\varphi_0 \in R^r$ r -dimensional algebraic system

$$(B_0 + \varepsilon B_1 + \dots) u_\varepsilon = \varphi_0 \quad (4)$$

has a unique solution in the form of convergent with $\varepsilon \in (0, \varepsilon_*]$ series

$$u_\varepsilon = \sum_{i=-1}^{+\infty} \varepsilon^i u_i; \quad (5)$$

в) the conditions

$$P_{B_0} \neq 0, P_{B_0} P_{B_1} = 0, P_{B_0} P_{B_1} P_{Q_d^*} = 0. \quad (6)$$

Under this condition $P_{B_0} \neq 0, P_{B_0} P_{B_1} = 0$ ensure uniqueness, and the condition $P_{B_0} P_{B_1} P_{Q_d^*} = 0$ —existence of solutions.

Proof. Substituting the series (3) in the boundary problem (1) and compare the coefficients of the same powers ε .

If ε^{-2} then we have homogeneous boundary value problem:

$$\begin{cases} \dot{z}_{-2} = A(t)z_{-2}, & t \neq \tau_i; \\ \Delta z_{-2}|_{t=\tau_i} = S_i z_{-2}(\tau_i - 0); \\ l z_{-2} = 0, \end{cases} \quad (7)$$

which by assumption of the theorem has r -parametric system ($r = n - n_1, n_1 = \text{rank} Q$) solutions of the form $z_{-2}(t) = X_r(t)c_{-1}$, where c_{-1} —random r -dimensional column vector from R^r .

If ε^{-1} , then boundary value problem:

$$\begin{cases} \dot{z}_{-1} = A(t)z_{-1} + A_1(t)z_{-2}, & t \neq \tau_i; \\ \Delta z_{-1}|_{t=\tau_i} = S_i z_{-1}(\tau_i - 0) + A_{1i} z_{-2}(\tau_i - 0); \\ l z_{-1} = l_1 z_{-2}. \end{cases} \quad (8)$$

For this boundary value problem with regard to

$B_0 = P_{Q_d^*} \left\{ l_1 X_r(\cdot) - l \int_a^b K(\cdot, \tau) A_1(\tau) X_r(\tau) d\tau - l \sum_{i=1}^p \bar{K}(\cdot, \tau_i) A_{1i} X_r(\tau_i - 0) \right\}$ obtain the algebraic relation $c_{-1} \in R^r$ system

$$B_0 c_{-1} = 0.$$

This boundary value problem (8) has r -parametric system of solutions of the type:

$$z_{-1}(t) = X_r(t)c_0 + G_1(t)c_{-1},$$

where c_0 —random r -dimensional column vector from R^r ;

$$G_1(t)c_{-1} = \bar{z}_{-1}(t) = \left(G \begin{bmatrix} A_1(\tau) z_{-2}(\tau, c_{-1}) \\ A_{1i} z_{-2}(\tau_i - 0) \end{bmatrix} \right) (t) + X(t) Q^+ l_1 z_{-2}(\cdot, c_{-1})$$

— particular solution of (8); expression $\left(G \begin{bmatrix} * \\ * \end{bmatrix} \right) (t)$ (7) has the form:

$$\left(G \begin{bmatrix} A_1(\tau)z_{-2}(\tau, c_{-1}) \\ A_{1i}z_{-2}(\tau_i - 0) \end{bmatrix} \right) (t) \stackrel{\text{def}}{=} \left(\left[\int_a^b K(t, \tau) * d\tau - X(t)Q^+l \int_a^b K(\cdot, \tau) * d\tau, \sum_{i=1}^p \bar{K}(t, \tau_i) * \right. \right. \\ \left. \left. - X(t)Q^+l \sum_{i=1}^p \bar{K}(\cdot, \tau_i) * \right] \right) \times \begin{bmatrix} A_1(\tau)z_{-2}(\tau, c_{-1}) \\ A_{1i}z_{-2}(\tau_i - 0) \end{bmatrix}.$$

After equating the coefficients of the ε^0 we obtain the boundary value problem to determine $z_0(t)$:

$$\begin{cases} z_0 = A(t)z_0 + A_1(t)z_{-1}(t) + f(t), & t \neq \tau_i; \\ \Delta z_0|_{t=\tau_i} = S_i z_0(\tau_i - 0) + A_{1i}z_{-1}(\tau_i - 0) + a_i; \\ l z_0 = \alpha + l_1 z_{-1}, \end{cases} \quad (9)$$

where $z_1(t) = X_r(t)c_0 + G_1(t)c_{-1}$.

From condition (necessary and sufficient) solvability:

$$P_{Q_d^*} \left\{ \alpha - l \int_a^b K(\cdot, \tau) f(\tau) d\tau - l \sum_{i=1}^p \bar{K}(\cdot, \tau_i) a_i \right\} = 0, d = m - n_1$$

for the boundary value problem (9) with respect $c_0, c_1 \in R^r$ are algebraic system:

$$B_0 c_0 + B_1 c_{-1} = \varphi_0,$$

where φ_0 – r -dimensional continuous random vector from R^r because of the arbitrariness $f(t) \in C([a, b] \setminus \{\tau_i\}_I), a_i \in \mathbb{R}^n$ and $\alpha \in \mathbb{R}^m$;

$$\varphi_0 = -P_{Q_d^*} \left\{ \alpha - l \int_a^b K(\cdot, \tau) f(\tau) d\tau - l \sum_{i=1}^p \bar{K}(\cdot, \tau_i) a_i \right\},$$

$d \times r$ -dimensional matrix B_1 has the form:

$$B_1 = P_{Q_d^*} \left\{ l_1 G_1(\cdot) - l \int_a^b K(\cdot, \tau) A_1(\tau) G_1(\tau) d\tau - l \sum_{i=1}^p \bar{K}(\cdot, \tau_i) A_{1i} G_1(\tau_i - 0) \right\}. \quad (10)$$

Boundary value problem (9) has r -parametric system solutions:

$$z_0(t) = X_r(t)c_1 + G_1(t)c_0 + G_2(t)c_{-1} + f_1(t),$$

where c – arbitrary r -dimensional column vector from R^r ;

$$G_2(t)c_{-1} = \left(G \begin{bmatrix} A_1(\tau)G_1(\tau)c_{-1} \\ A_{1i}G_1(\tau_i - 0)c_{-1} \end{bmatrix} \right) (t) + X(t)Q^+l_1 G_1(\cdot)c_{-1};$$

$$f_1(t) = \left(G \begin{bmatrix} f(\tau) \\ a_i \end{bmatrix} \right) (t) + X(t)Q^+\alpha.$$

Continuing this procedure, we note that to the series (3) has a solution of the boundary value problem (1) with random inhomogeneities $f(t) \in C([a, b] \setminus \{\tau_i\}_I), a_i \in \mathbb{R}^n$ and $\alpha \in \mathbb{R}^m$ necessary and sufficient that it should be relatively soluble $c_i \in R^r (i = -1, 0, 1, \dots)$ the following system of algebraic equations for arbitrary $\varphi_0 \in R^r$:

$$\begin{cases} B_0 c_{-1} = 0; \\ B_0 c_0 + B_1 c_{-1} = \varphi_0 \end{cases} \quad (11)$$

and further:

$$\begin{cases} B_0 c_1 + B_1 c_0 + B_2 c_{-1} = \varphi_1; \\ B_0 c_2 + B_1 c_1 + B_2 c_0 + B_3 c_{-1} = \varphi_2. \end{cases} \quad (12)$$

On the other hand, substituting the series (5) into (4) we find that to the series (5) was the solution of system (4) is necessary and sufficient that the coefficients $u_i \in R^r$ satisfy a system similar to (11), (12) but with $\varphi_i = 0, i = 1, 2, \dots$:

$$\begin{cases} B_0 u_{-1} = 0; \\ B_0 u_0 + B_1 u_{-1} = \varphi_0 \end{cases} \quad (13)$$

and further:

$$\begin{cases} B_0 u_1 + B_1 u_0 + B_2 u_{-1} = 0; \\ B_0 u_2 + B_1 u_1 + B_2 u_0 + B_3 u_{-1} = 0. \end{cases} \quad (14)$$

To solve the system of algebraic equations (13) is necessary and sufficient to fulfill the condition (6). Then, to complete the proof of the theorem will confirm that in the case of solvability of equations (13), the system of equations (14) is also solved, and the last of the conditions of solvability of equation (13) we find the ratio u_{-1} . From condition of solvability (which coincides with the precondition) of the first equation (14) we find u_0 , ect. The proof of this theorem repeats the proof of the corresponding theorem in [1], so it will not repeat.

Conclusions. If $P_{B_0} = 0$, $P_{B_0^*} P_{Q_d^*} = 0$ false, is to obtain sufficient conditions for the existence of solutions of boundary value problem (1) with random inhomogeneities $f(t) \in C([a, b] \setminus \{\tau_i\}_I)$, $a_i \in \mathbb{R}^n$, $\alpha \in \mathbb{R}^m$ should be involved $(d \times r)$ – measurable matrix B_1 (10). Solution $z(t, \varepsilon)$ boundary value problem (1) is sought in this case in the form of convergent with $\varepsilon \in (0, \varepsilon_*]$ series from $k \geq 2$.

References

1. Boychuk A.A. Constructive methods for the analysis of boundary value problems / A.A. Boychuk. – К.: Наукова думка, 1990. – 96 с.
2. Samoylenko A.M. Differential Equations with Impulsive / A.M. Samoylenko, L.A. Perestuk. – К.: Вища школа, 1987. – 287 с.
3. Ovchar R.F. Research solutions of weakly perturbed linear inhomogeneous boundary value problem for impulsive systems / R.F. Ovchar // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. – К.: НУБіП України, 2011. – Вип. 166, ч. 1. – С. 243–248.

В статті запропоновано і доведено теорему, щоб отримати достатні умови для існування рішень слабо нелінійної неоднорідної крайової задачі у випадку, коли стан $P_{B_0} = 0$, $P_{B_0^} P_{Q_d^*} = 0$ не виконується.*

Неоднорідність, крайова задача, рішення.

В статье предложена и доказана теорема, чтобы получить достаточные условия для существования решений слабо нелинейной неоднородной краевой задачи в случае, когда состояние $P_{B_0} = 0$, $P_{B_0}^ P_{Q_a}^* = 0$ не выполняется.*

Неоднородность, краевая задача, решение.

УДК 631.3.56

КІЛЬКІСНІ ПОКАЗНИКИ ДЛЯ ОЦІНКИ ЕКСПЛУАТАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ БЕЗВІДМОВНОСТІ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ

О.М. Бистрий, інженер

І.Л. Роговський, кандидат технічних наук

В статті запропоновано методологічний підхід до визначення кількісних показників для оцінки експлуатаційно-технологічної безвідмовності зернозбиральних комбайнів.

Комбайн, безвідмовність, показник.

Постановка проблеми. Для оцінки надійності відновлюваних технічних систем передбачено комплексні і одиничні показники. Більшість з цих показників має властивість ймовірного характеру і дозволяють оцінити: безвідмовність, ремонтпридатність, зберігаємість і довговічність технічної системи.

Аналіз останніх досліджень. Ймовірнісні показники адекватно характеризують процес визначення надійності сільськогосподарської машини або агрегату, які мають короткотермінову чітко виражену сезонність періоду експлуатації: зернозбиральний комбайн, жнивarka, ґрунтообробні і посівні агрегати [1, 2].

Для оцінки експлуатаційно-технологічної безвідмовності зернозбиральних комбайнів можуть бути застосовані характеристики випадкового потоку подій (відмов), які послідовно або паралельно відбуваються одна за одним в певні моменти часу [3]. На експлуатаційно-технологічну безвідмовність зернозбиральних комбайнів домінуючий вплив мають конкретні умови експлуатації, а також комплекс впливу багатьох внутрішніх випадкових факторів самого комбайна, саме тому потоки подій в загальному випадку будуть не детермінованими, а стохастичними потоками [4].

© О.М. Бистрий, І.Л. Роговський, 2014

В статье предложена и доказана теорема, чтобы получить достаточные условия для существования решений слабо нелинейной неоднородной краевой задачи в случае, когда состояние $P_{B_0} = 0$, $P_{B_0}^ P_{Q_a}^* = 0$ не выполняется.*

Неоднородность, краевая задача, решение.

УДК 631.3.56

КІЛЬКІСНІ ПОКАЗНИКИ ДЛЯ ОЦІНКИ ЕКСПЛУАТАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ БЕЗВІДМОВНОСТІ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ

О.М. Бистрий, інженер

І.Л. Роговський, кандидат технічних наук

В статті запропоновано методологічний підхід до визначення кількісних показників для оцінки експлуатаційно-технологічної безвідмовності зернозбиральних комбайнів.

Комбайн, безвідмовність, показник.

Постановка проблеми. Для оцінки надійності відновлюваних технічних систем передбачено комплексні і одиничні показники. Більшість з цих показників має властивість ймовірного характеру і дозволяють оцінити: безвідмовність, ремонтпридатність, зберігаємість і довговічність технічної системи.

Аналіз останніх досліджень. Ймовірнісні показники адекватно характеризують процес визначення надійності сільськогосподарської машини або агрегату, які мають короткотермінову чітко виражену сезонність періоду експлуатації: зернозбиральний комбайн, жнивarka, ґрунтообробні і посівні агрегати [1, 2].

Для оцінки експлуатаційно-технологічної безвідмовності зернозбиральних комбайнів можуть бути застосовані характеристики випадкового потоку подій (відмов), які послідовно або паралельно відбуваються одна за одним в певні моменти часу [3]. На експлуатаційно-технологічну безвідмовність зернозбиральних комбайнів домінуючий вплив мають конкретні умови експлуатації, а також комплекс впливу багатьох внутрішніх випадкових факторів самого комбайна, саме тому потоки подій в загальному випадку будуть не детермінованими, а стохастичними потоками [4].

© О.М. Бистрий, І.Л. Роговський, 2014

Таким чином для оцінки експлуатаційно-технологічної безвідмовності зернозбиральних комбайнів необхідно обґрунтувати сукупне використання групи кількісних показників, які передбачені ДСТУ 9361-95, як одиничних так і комплексних, які характеризують безвідмовність комбайна і функції часу їх експлуатації [5]. Як зазначено в дисертаційній роботі попередньо експлуатаційно-технологічну безвідмовність зернозбиральних комбайнів необхідно обґрунтовувати наступними характеристиками: самою безвідмовністю, відновленням працездатності і стабільністю протікання технологічного процесу збирання врожаю зернових сільськогосподарських культур [6].

При цьому за безвідмовність необхідно вважати властивість комбайна зберігати працездатність під час визначеного наробітку без вимушених перерв [7].

Результати досліджень. Під відновленням працездатності необхідно вважати властивість комбайна мати пристосованість до попередження, виявлення і усунення відмов або несправностей шляхом проведення технічного контролю, технічного обслуговування і ремонту. За стабільністю протікання технологічного процесу збирання врожаю зернових сільськогосподарських культур вважається властивість комбайна в агротехнічні терміни зберігати продуктивність і якість робочого процесу на заданому нормативному рівні. Отже, безвідмовність в нашу випадку для відновлюваних технічних систем, якими і є зернозбиральні комбайни та у відповідності з діючими національними стандартами може бути обґрунтовано встановлена через наступні кількісні показники:

- ймовірність безвідмовної роботи $P(t)$;
- наробіток на відмову $\bar{T}_{\text{ср}}$;
- параметром потоку відмов $\omega(t)$.

Ймовірність безвідмовної роботи $P(t)$ і наробіток на відмову $\bar{T}_{\text{ср}}$, параметр потоку відмов $\omega(t)$ є основними кількісними показниками безвідмовності.

В той же час безвідмовність зернозбирального комбайна визначається диференціальною функцією або функцією щільності ймовірності розподілу часу безвідмовної роботи $f(t)$ та інтегральною або функцією ймовірності розподілу відмов $F(t)$.

Однак ні одна з них не є вичерпною характеристикою безвідмовності комбайна в цілому.

Тільки в сукупності вони можуть характеризувати з достатньою адекватністю безвідмовність як властивість технічної системи протягом часу її експлуатації. Отже, ймовірність безвідмовної роботи комбайнів визначається за виразом:

$$P(t) = \lim_{\substack{\Delta t \rightarrow \infty \\ N_0 \rightarrow \infty}} \frac{N_0 - \sum_{i=1}^t n_i}{N_0}, \quad (1)$$

де N_0 – кількість комбайнів поставлених в технологічних процес збирання врожаю зернових сільськогосподарських культур, од.;

n_i – кількість комбайнів, які відмови в інтервалі часу Δt , од.;

t – час, для якого визначається ймовірність безвідмовної роботи, годин;

Δt – прийнята тривалість інтервалу часу, годин.

Ймовірність безвідмовної роботи в період між наробітками t_1 і t_2 можемо визначити за наступними виразами:

$$P(t_2 - t_1) = \exp[H(t_1) - H(t_2)], \quad (2)$$

$$H(t) = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N m_i(t) - \lim_{N \rightarrow \infty} m_{cp}(t), \quad (3)$$

де $H(t)$ – математичне очікування кількості відмов за час t ;

N – кількість комбайнів під спостереженням;

$m_i(t)$ – кількість відмов кожного із комбайнів до наробітку t .

Загальновідомо, що ймовірність безвідмовної роботи визначається за формулою:

$$P(t) = \exp(-\omega \tau) t, \quad (4)$$

де $\tau = t_1 - t_2$, $\omega(t)$ – параметр потоку відмов.

При проведенні експериментальних досліджень більш зручно користуватись характеристикою, яка є ймовірність відмов. Відмова і працездатний стан комбайна є подіями не сумісними і протилежними і мають загальновідому залежність:

$$P(t) = F(t) - 1, \quad (5)$$

$$F(t) = 1 - P(t), \quad (6)$$

де $F(t)$ – ймовірність відмови.

Ймовірність безвідмовної роботи $P(t)$ охоплює більшість факторів, які істотно впливають на безвідмовність комбайна і тому достатньо широко представлена серед характеристик безвідмовності, але як і будь-яка інша характеристика, вона не достатньо повно характеризує безвідмовність комбайна.

Для відновлюваних технічних систем, якими в дисертаційній роботі є зернозбиральні комбайни, необхідно застосовувати показник безвідмовності – наробіток на відмову $\bar{T}_{cp}$. У відповідності до цього критерію ступінь безвідмовності зернозбирального комбайна оцінюється середнім часом роботи між відмовами за певний визначений проміжок часу експлуатації самого комбайна і визначається за загальновідомою формулою:

$$\bar{T}_{cp} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^N t_i, \quad (7)$$

де t_i – наробіток i -го комбайна між відмовами, годин;

N – кількість комбайнів під спостереженням;

m – кількість відмов комбайнів, які перебувають під спостереженням.

Важливим показником, який характеризує безвідмовність комбайна, є параметр потоку відмов $\omega(t)$, який застосовується для оцінки експлуатаційно-технологічної безвідмовності зернозбиральних комбайнів. Коли встановлена функціональна залежність між параметром потоку відмов і часом роботи, то набуває можливість прогнозувати потребу зернозбиральних комбайнів в періодичності проведення технічного обслуговування.

Визначення параметра потоку відмов $\omega(t)$ за експериментальними даними відбувається по загальновідомій формулі:

$$\omega(t) = \frac{\sum_{i=1}^N m_i(t+\Delta t) - \sum_{i=1}^N m_i(t)}{N \cdot \Delta t}, \quad (8)$$

де $m_i(t + \Delta t)$ – кількість відмов i -го комбайна до наробітку $(t + \Delta t)$;

$m_i(t)$ – кількість відмов i -го комбайна до наробітку t ;

Δt – проміжок часу, годин.

Якщо потоки подій простіші пуасоновські, то параметр потоку відмов в умовах рядової експлуатації буде мати вид $\omega(t) = \omega = const$. Тоді наробіток на відмову T набуває загальновідомого визначення:

$$T = \frac{1}{\omega} = const. \quad (9)$$

За відомого параметру потоку відмов $\omega(t)$ існує можливість визначити всі наступні кількісні характеристики безвідмовності комбайна.

При визначенні відновлення працездатності зернозбирального комбайна особливе значення надано пристосованості їх до відновлення, тобто запобігання, виявлення і усунення відмов [106]. Характеристика експлуатаційно-технологічної безвідмовності зернозбиральних комбайнів без відомостей про відновлення працездатності не є обґрунтованою. Час, який затрачається на відновлення працездатності комбайна, так як і наробіток на відмову, є випадковими величинами, і залежить від характеру несправностей, кваліфікації комбайнера та технічного персоналу супроводу, інженерної організації процесу відновлення працездатності.

Відновлення працездатності зернозбирального комбайна оцінюється середній час простою самого комбайна. Якщо в процесі пошуку і усунення $1, 2, 3, \dots, m$ відмов було затрачено $t_{B1}, t_{B2}, t_{B3}, \dots, t_{Bi}$ то середній час відновлення працездатності буде визначатись за загальновідомою формулою:

$$T_B = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m t_{Bi}, \quad (10)$$

де m – кількість виявлених і усунутих відмов комбайна;

t_{Bi} – час виявлення і усунення i -ї відмови комбайна, годин.

Якщо розглядати послідовно всі процедури t_{Bi} в індексованому зростанні, то ця величина утворює потік відновлення, і в першому наближенні йому можна прийняти простішим пуасоновським потоком з параметром $\mu(t_B) = \mu = const$. Тоді набуває загальновідомого визначення:

$$\mu(t_B) = \frac{1}{T_B}. \quad (11)$$

Подібно до безвідмовності, відновлення працездатності комбайна описується характеристиками: щільність ймовірності розподілу часу відновлення $f(t_B)$, ймовірність відновлення $F(t_B)$, середня тривалість відновлення $\bar{T}_B$, параметром потоку відновлення $\mu(t_B)$. Ймовірність перебування зернозбирального комбайна в стані відновлення $P(t_B)$ визначається за загальновідомим виразом:

$$P(t_B) = \exp(-\mu t_B), \quad (12)$$

або ймовірністю відновлення $F(t_B)$

$$F(t_B) = 1 - P(t_B) \quad (13)$$

Комплексним показником безвідмовності зернозбирального комбайна може виступати коефіцієнт готовності, який визначається відношенням часу працездатності комбайна до суми часів працездатності і відновлення працездатності після відмови при порядку обслуговування, яке передбачає негайний початок відновлення працездатності комбайна і має загальновідомий вид:

$$K_r = \frac{T}{T + T_B}, \quad (14)$$

де T – наробіток на відмову, годин;

T_B – час відновлення працездатності, годин.

Підставляючи в рівняння (14) значення з рівнянь (9) і (10) отримаємо:

$$K_r = \frac{\frac{1}{\omega(t)}}{\frac{1}{\omega(t)} + \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m t_{Bi}} = \frac{1}{1 + \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m t_{Bi} \cdot \omega(t)}, \quad (15)$$

Тобто коефіцієнт готовності зернозбирального комбайна залежить від кількості відмов, частоти відмов (параметра потоку відмов) з технологічних і технічних причин, а також від часу, який затрачено на відновлення працездатності комбайна.

Для зернозбиральних комбайнів характер функціонування яких має режим очікування, необхідно експлуатаційно-технологічну безвідмовність зернозбиральних комбайнів оцінювати через коефіцієнт оперативної готовності:

$$K_{ог} = K_r P(t_p), \quad (16)$$

де K_r – коефіцієнт готовності;

$P(t_p)$ – ймовірність безвідмовної роботи комбайна протягом часу t_p .

В зв'язку з тим, що комбайн є складна динамічна система, для якої в процесі експлуатації характерна значна кількість відмов ОСТ 70.2.16-73 водиться коефіцієнт надійності технологічного процесу:

$$K_{HD} = \frac{T_{TB}}{T_{TB} + T_{BT}}, \quad (17)$$

де T_{TB} – час роботи комбайна між технологічними відмовами, годин;
 T_{BT} – час відновлення працездатності, яке обумовлене технологічними відмовами, годин.

Також вводимо коефіцієнт технологічного обслуговування:

$$K_{TO} = \frac{T_{TB}}{T_{TB} + T_{TO}}, \quad (18)$$

де T_{TO} – час простоїв комбайна з причини технологічного обслуговування (технологічні регулювання, що викликані змінами умов роботи, роз регулювань робочих органів), як за кількісними так і якісними показниками безвідмовності, годин.

Кількісні показники експлуатаційно-технологічної безвідмовності зернозбиральних комбайнів зведено до табл. 1.

1. Кількісні ймовірнісні показники експлуатаційно-технологічної безвідмовності зернозбиральних комбайнів.

Назва і умовні позначення показника	Формули визначення
I. Показники безвідмовності	
1. Ймовірність безвідмовної роботи (функція надійності) $P(t)$	$P(t) = \exp(-\omega t)$
2. Середній час безвідмовної роботи $\bar{T}_{cp}$	$\bar{T}_{cp} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^N t_i$
3. Параметр потоку відмов $\omega(t)$	$\omega(t) = \frac{\sum_{i=1}^N m_i(t + \Delta t) - \sum_{i=1}^N m_i(t)}{N \cdot \Delta t}$
II. Показники відновлення працездатності	
4. Ймовірність знаходження в стані відновлення працездатності (функція надійності) $P(t_B)$	$P(t_B) = \exp(-\mu t_B)$
5. Середній час відновлення працездатності T_B	$T_B = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m t_{Bi}$
6. Параметр потоку відновлення $\mu(t_B)$	$\mu(t_B) = \frac{1}{T_B}$
III. Комплексні показники	
7. Коефіцієнт готовності $P(t_B)$	$K_r = \frac{1}{1 + \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m t_{Bi} \cdot \omega(t)}$
8. Коефіцієнт надійності технологічного процесу	$K_{HD} = \frac{T_{TB}}{T_{TB} + T_{BT}}$
9. Коефіцієнт технологічного обслуговування	$K_{TO} = \frac{T_{TB}}{T_{TB} + T_{TO}}$

Висновок. Запропонована методологія визначення кількісних показників експлуатаційно-технологічної безвідмовності зернозбиральних комбайнів дозволить проводити експериментальні дослідження з об'єктивним ступенем довірчої ймовірності.

Список літератури

1. *Думенко К.М.* Статистичний аналіз динаміки змін наробітку комбайнів від строків їх експлуатації / *К.М. Думенко* // Вісник аграрної науки Причорномор'я. – Миколаїв, 2011. – Вип. 4, т. 2. – С. 192–198.
2. *Іванишин В.* Випробування – необхідний етап в створенні конкурентоспроможної сільськогосподарської техніки / *В. Іванишин* // Техніка АПК. – 2010. – №5. – С. 10–11.
3. *Новицький А.В.* Аналіз вітчизняних засобів для приготування і роздавання кормів / *А.В. Новицький, С.С. Карабиньох, В.М. Чміль, О.М. Коморний* // Матеріали VIII Міжнародної конференції молодих вчених, аспірантів і студентів «Перспективна техніка і технології 2012». – Миколаїв, 2012. – С. 96–101.
4. *Новицький А.В.* Резерви методичного забезпечення надійності людини-оператора системи «людина–машина–середовище» / *А.В. Новицький, З.В. Ружило, В.В. Стоцький* // Матеріали XIV Міжнародної наукової конференції «Сучасні проблеми землеробської механіки». – Глеваха, 2013. – С. 402–410.
5. *Підгурський М.І.* Порівняльний аналіз експлуатаційної надійності вітчизняної та зарубіжної складної сільськогосподарської техніки / *Підгурський М.І., Барановський В.М., Ріпецький Є.Й.* // Вісник ХНТУСГ ім. Петра Василенка. Технічні науки. – Х., 2011. – Вип. 114. – С. 27–33.
6. *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.: НУБіП України, 2011. – Вип. 166, ч. 1. – С. 93–99.
7. *Александр Быстрый.* Аналитические модели эксплуатационно-технологической безотказности зерноуборочных комбайнов / *Александр Быстрый, Иван Роговский* // Motrol: Motorization and power industry in agriculture. – 2014. – Т. 16, №3. – Р. 332–338.

В статье предложен методологический подход к определению количественных показателей для оценки эксплуатационно-технологической безотказности зерноуборочных комбайнов.

Комбайн, безотказность, показатель.

In paper the methodological approach to determination of quantitative indexes to assess the operational and technological reliability of grainharvesting combines.

Combine, reliability, index.

ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ НАПУВАННЯ ТВАРИН

С.Є. Потапова, здобувач*

Обґрунтована раціональна схема універсальної системи напування тварин, а також, конструкція напувалки, які можуть бути використані для напування тварин як в індивідуальних господарствах так і у великих тваринницьких підприємствах.

Конструкція, напування, обладнання, тварина.

Постановка проблеми. Перехід до ринкових умов господарювання в сільському господарстві, зокрема в такій його галузі як тваринництво, вимагає не тільки збільшення обсягу, а й зниження собівартості вироблюваної продукції для підвищення її конкурентноздатності.

Останнім часом в Україні збільшення виробництва сільськогосподарської, в тому числі, тваринницької продукції здійснюється в результаті розвитку малих фермерських господарств. Серед ряду проблем малих господарств в першу чергу слід відмітити надзвичайно низький рівень механізації виробничих процесів. В зв'язку з цим великого значення надається створенню нових типів машин і більш ефективних пристроїв до них, в тому числі й для напування. Для цього проведемо аналіз нових технічних рішень стосовно розробки засобів водопостачання та напування, методів наукового обґрунтування їх параметрів і режимів роботи.

Аналіз останніх досліджень. Автонапувалки, як відомо, поділяються на індивідуальні і групові. Промисловість випускає близько двох десятків різних варіантів індивідуальних і групових автонапувалок для тварин [2, 3].

На тваринницькій фермі автонапувалки підключають до системи водопостачання; за її відсутності напувалки з'єднують з резервуарами, до яких вода постачається, наприклад автовозами. В зимову пору року на відкритих майданчиках для напування тварин застосовують автонапувалки з підігрівом води. На пасовищах або в літніх таборах, віддалених від води, тварин напувають за допомогою пересувних засобів [2, 3].

Для напування великої рогатої худоби за прив'язного утримання в основному використовують індивідуальні, важельно-клапанні АП-1А і ПА-1Б, ПА-1А напувалки.

*Науковий керівник – доктор технічних наук І.І. Ревенко

© С.Є. Потапова, 2014

Відомо, що витрати води на поїння залежить від фізіологічного стану тварин. Максимальне споживання води становить: в родильному відділенні (глибокотільні і новотільні корови) 48–50 л за добу, в стаціонарному відділенні 60 л/добу на одну умовну голову. За прив'язного утримання дійних корів витрати води знаходяться в межах 65-85 л/добу.

Корови в сухостійний період споживають води приблизно на 20-25% менше від дійних корів.

Для напування тварин залежно від їх виду та віку рекомендується вода, яка має температуру в межах 8...25 °С, без сторонніх запаху, смаку та кольору.

З відкритого жолоба за 1 підхід корова випиває води в 1,8 рази більше ніж з напувалки. Це сприяє кращому задоволенню її потреби і збільшенню продуктивності на 4-5 %.

У виробничих умовах обслуговування чашкових автонапувалок для дрібних та фермерських господарств призводить до збільшення трудових і економічних витрат. Наприклад, при використанні напувалок АП-1А взимку частіше виходять з ладу пластмасові важелі, а в ПА-1 пружинний амортизатор, що постійно знаходиться у воді і ржавіє.

За останні роки на фермах ВРХ почали широко застосовувати безклапанні автонапувалки з низьким напором води, оскільки в системі водопостачання тваринницьких ферм не завжди є високий тиск.

Такі напувалки працюють за принципом сполучених судин.

На відміну від автонапувалок важельного типу, низьконапірні можуть бути причиною розповсюдження інфекційних захворювань тварин, а в процесі експлуатації часто відбувається забивання вхідного трубопроводу.

Мета досліджень – усунення вказаних недоліків удосконалено конструктивно-функціональну схему напування [1] з використанням низьконапірних автонапувалок.

Результати досліджень. Вона працює таким чином. Вода з водомережі надходить у бак рис. 1, в середині якого встановлено поплавковий механізм, що підтримує заданий рівень води. До нижньої частини бака приєднано розподільний водопровід.

Рухаючись трубопроводом вода потрапляє через з'єднувальний патрубок в чашу.

Рівень води в чаші сягає рівня її в баку.

Для запобігання надходження води із сусідніх чашок при споживанні води тваринами в чашах передбачено зворотній клапан рис. 2, який забезпечує рух води тільки в одному напрямку (в чашу). Для очищення напувалки в її дні встановлено зливну пробку.

Очищення можливе також за рахунок підняття рівня води в баці вище рівня верхніх крамок чаші автонапувалки.

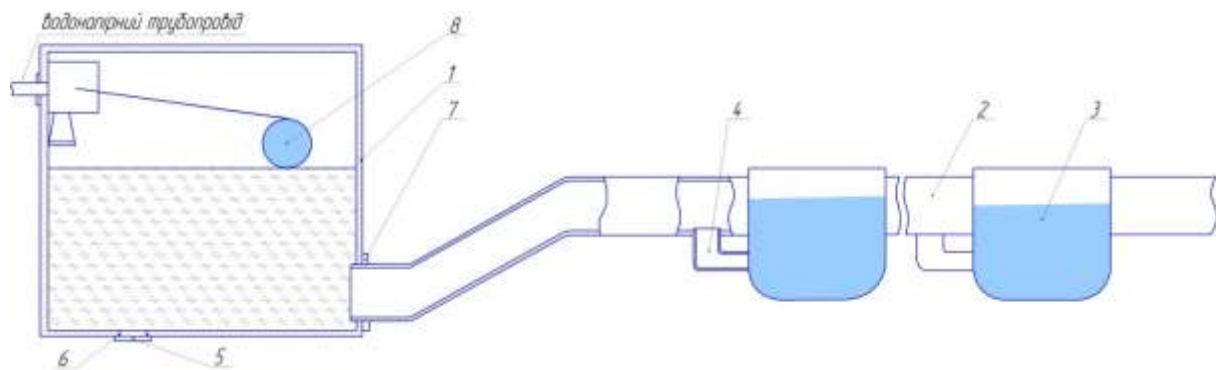


Рис. 1. Схема водопостачання: 1 – бак; 2 – розподільний трубопровід; 3 – чаша; 4 – з'єднувальна трубка; 5 – заглушка; 6 – ущільнення; 7 – шайба; 8 – поплавок

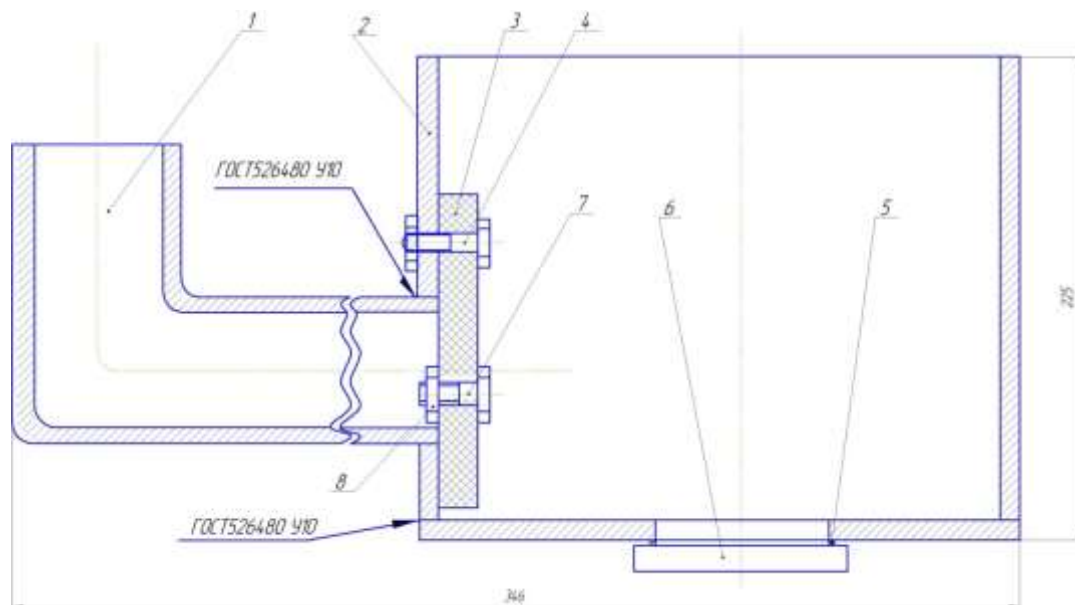


Рис. 2. Конструктивна схема напувалки: 1 – з'єднувальна трубка; 2 – чаша; 3 – клапан; 4 – болтове з'єднання М6; 5 – ущільнення; 6 – заглушка; 7, 8 – болтове з'єднання М8.

Така проста за конструкцією схема надійна в експлуатації і не вимагає великих трудових та матеріальних затрат на обслуговування. При цьому максимально забезпечується виконання зооветеринарних вимог. Встановлення бака з поплавковим механізмом всередині приміщення, де утримуються тварини, приводить до підігрівання води, що попереджує простудні захворювання та сприяє більшому споживанню її тваринами.

Висновок. В даній роботі наведена удосконалена схема напування тварин, та конструкція, напувалки, низького тиску. Застосування автонапувалки дозволить задовольнити потребу

тварин у воді та підвищити їх продуктивність. Крім цього надається можливість раціонально використовувати воду покращити її якість та запобігти простудним захворюванням тварин.

Список літератури

1. Патент № 17196 Україна. Система для напування тварин / І.І. Ревенко, С.П. Ліщинський, В.С. Хмельосвський. – Бюл., 2006. – № 9.
2. *Машины та обладнання для тваринництва : посібник-практикум* / [І.І. Ревенко, О.О. Заболотько та ін.]. – К.: Кондор, 2012. – 564 с.
3. *Посібник-практикум з механізації виробництва продукції тваринництва* / [І.І. Ревенко, В.М. Манько, С.С. Зарайська та ін. ; за ред. І.І. Ревенка. – К.: Урожай, 1994. – 288 с.

Обоснована рациональная схема универсальной системы поения животных, а также конструкция поилки, которые могут быть использованы для поения животных как в индивидуальных хозяйствах так и в крупных животноводческих предприятиях.

Конструкция, поения, оборудование, животное.

Reasonable rational scheme of universal system of watering animals, as well as construction of drinking bowls, which can be used for watering animals in individual farms and livestock in large enterprises.

Design, watering, equipment, animal.

УДК 697.921.4:517:631

ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПНЕВМОВТРАТ ТРЬОХТРУБНОГО КОНЦЕНТРИЧНОГО ТЕПЛОУТИЛІЗАТОРА

В.М. Пришляк, кандидат технічних наук

В.М. Яропуд, магістр

Вінницький національний аграрний університет

О.С. Ковязін, кандидат технічних наук

Запорізька державна інженерна академія

Е.Б. Алієв, кандидат технічних наук

Інститут олійних культур НААН України

Проведено теоретичні дослідження пневмовтрат трьохтрубного концентричного теплоутилізатора для тваринницьких приміщень. В результаті досліджень встановлено

© В.М. Пришляк, В.М. Яропуд, О.С. Ковязін, Е.Б. Алієв, 2014

тварин у воді та підвищити їх продуктивність. Крім цього надається можливість раціонально використовувати воду покращити її якість та запобігти простудним захворюванням тварин.

Список літератури

1. Патент № 17196 Україна. Система для напування тварин / І.І. Ревенко, С.П. Ліщинський, В.С. Хмельосвський. – Бюл., 2006. – № 9.
2. *Машини та обладнання для тваринництва : посібник-практикум* / [І.І. Ревенко, О.О. Заболотько та ін.]. – К.: Кондор, 2012. – 564 с.
3. *Посібник-практикум з механізації виробництва продукції тваринництва* / [І.І. Ревенко, В.М. Манько, С.С. Зарайська та ін. ; за ред. І.І. Ревенка. – К.: Урожай, 1994. – 288 с.

Обоснована рациональная схема универсальной системы поения животных, а также конструкция поилки, которые могут быть использованы для поения животных как в индивидуальных хозяйствах так и в крупных животноводческих предприятиях.

Конструкция, поения, оборудование, животное.

Reasonable rational scheme of universal system of watering animals, as well as construction of drinking bowls, which can be used for watering animals in individual farms and livestock in large enterprises.

Design, watering, equipment, animal.

УДК 697.921.4:517:631

ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПНЕВМОВТРАТ ТРЬОХТРУБНОГО КОНЦЕНТРИЧНОГО ТЕПЛОУТИЛІЗАТОРА

В.М. Пришляк, кандидат технічних наук

В.М. Яропуд, магістр

Вінницький національний аграрний університет

О.С. Ковязін, кандидат технічних наук

Запорізька державна інженерна академія

Е.Б. Алієв, кандидат технічних наук

Інститут олійних культур НААН України

Проведено теоретичні дослідження пневмовтрат трьохтрубного концентричного теплоутилізатора для тваринницьких приміщень. В результаті досліджень встановлено

© В.М. Пришляк, В.М. Яропуд, О.С. Ковязін, Е.Б. Алієв, 2014

закономірність зміни втрат тиску і потужності пневмовтрат від конструктивно-технологічних параметрів теплоутилізатора (довжини, радіуса зовнішнього повітропроводу і подачі потоку повітря).

Опір, параметри, повітря, повітропровід, потужність, теплоутилізатор, тиск.

Постановка проблеми. Значну частину року, а за деякими технологіями і цілий рік, більшість сільськогосподарських тварин знаходяться в приміщеннях. У зв'язку з цим в тваринницьких приміщеннях необхідно створювати мікроклімат, який би відповідав фізіології тварин і птиці та сприятливо впливав на їх стан, здоров'я, продуктивність та якість продукції [1].

Для досягнення максимальної продуктивності тварин, мікроклімат у тваринницьких приміщеннях (повітрообмін і температура повітря) доцільно забезпечити, з енергетичної точки зору, рекуперативними теплоутилізаторами, використання яких дозволяє економити енергію, що необхідна для нагрівання повітря в приміщеннях.

Дослідженням процесу тепломасообміну в теплообмінниках присвячено багато вітчизняних та зарубіжних робіт. В роботах [2, 3] викладена методика розрахунку теплообміну і гідродинаміки для практичних задач природно-циркуляційного теплообміну труб, що обігріваються.

В роботах [4, 5] визначено розподіл теплової енергії в теплообмінниках U-подібної форми із рідким теплоносієм, зокрема встановлено розподіл температури по довжині труби теплообмінника.

В роботі [2] зазначені безрозмірні залежності для розрахунку тепловіддачі і витрати рідини всередині труб теплообмінника з витяжною шахтою. Недоліком запропонованої методики є вузька сфера застосування –двотрубних теплообмінників.

Мета досліджень. Встановити закономірність зміни втрат тиску і потужності пневмовтрат трьохтрубного концентричного теплоутилізатора від його конструктивно-технологічних параметрів.

Завданням даної наукової роботи є визначення раціональних конструктивно-технологічних параметрів трьохтрубного концентричного теплоутилізатора.

Об'єкт дослідження: процес ефективного розподілу потоку повітря у повітропроводі трьохтрубного концентричного теплоутилізатора.

Предмет дослідження: залежність зміни втрат тиску і потужності пневмовтрат трьохтрубного концентричного

теплоутилізатора від його конструктивно-технологічних параметрів.

Результати досліджень. Одним із способів підвищення ефективності розробленого трьохтрубного концентричного теплоутилізатора для тваринницьких приміщень є зниження пневмовтрат при прокачуванні повітря крізь нього, яке можна досягти шляхом оптимізації його конструктивно-технологічних параметрів.

Розглянемо розрахункову схему трьохтрубного концентричного теплоутилізатора (рис. 1).

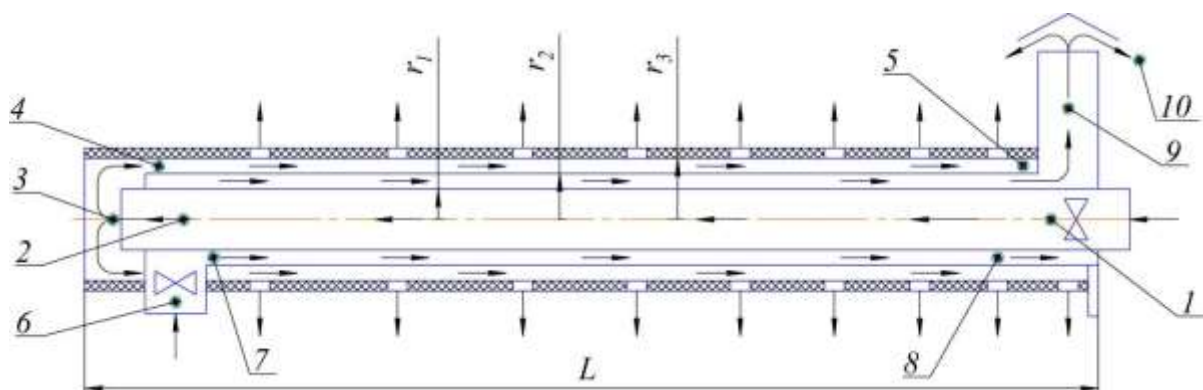


Рис. 1. Схема для пневматичного розрахунку трьохтрубного концентричного теплоутилізатора.

На кожній ділянці руху повітряного потоку по повітропроводах трьохтрубного концентричного теплоутилізатора, частина повного тиску, що йде на подолання сил гідравлічних опорів, є втраченою, так як через молекулярну і турбулентну в'язкості рухомого повітря механічна робота сил опору перетворюється в теплоту [6]. Розрізняють два види пневматичного опору в повітропроводі [7]: опір тертя Δp_f ; місцевий опір Δp_l .

Пневматичне тертя викликається в'язкістю (як молекулярною, так і турбулентною) повітря, що виникає при його русі, і є результатом обміну кількістю руху між молекулами (при ламінарному русі), а також між окремими частинками (при турбулентному русі) сусідніх шарів повітря, що рухаються з різними швидкостями [7].

Місцеві опори виникають при місцевому порушенні нормального перебігу, відриву потоку від стінок, вихроутворення і інтенсивного турбулентного перемішування потоку в місцях зміни конфігурації повітропроводу або при зустрічі і обтіканні перешкод. Ці явища підсилюють обмін кількістю руху між частинками рухомого повітря (тобто тертя), підвищуючи дисипацію енергії [7].

Розглянемо пневматичні втрати тиску на кожній ділянці трьохтрубного концентричного теплоутилізатора згідно рис. 1.

Втрати тиску на тертя в повітроводі постійного перерізу на ділянках 1-2, 4-5, 7-8 [8]:

$$\Delta p_{f1-2} = \kappa_1 \frac{L}{d_1} \frac{\rho(T_1) v_1^2}{2}, \quad (1)$$

$$\Delta p_{f7-8} = \kappa_2 \frac{L}{d_2} \frac{\rho(T_2) v_2^2}{2}, \quad (2)$$

$$\Delta p_{f4-5} = \kappa_3 \frac{L}{d_3} \frac{\rho(T_3) v_3^2}{2}, \quad (3)$$

де κ_i – коефіцієнт опору тертя; L – довжина повітропроводу, м; d_i – ефективний діаметр i -ого повітропроводу, м [9]:

$$d_i = \frac{4A_i}{p_i}, \quad (4)$$

де A_i – площа поперечного перерізу i -ого повітропроводу: для 1-го – $A_1 = \pi \cdot r_1^2$, 2-ого – $A_2 = (r_2^2 - r_1^2)$, 3-ого – $A_3 = \pi \cdot (r_3^2 - r_1^2)$; p_i – загальний периметр поперечного перерізу i -ого повітропроводу: для 1-ого – $p_1 = 2\pi r_1$, 2-ого – $p_2 = 2\pi(r_2 + r_1)$, 3-ого – $p_3 = 2\pi(r_3 + r_2)$; $\rho(T_i)$ – густина повітря в i -ому повітропроводі при постійному тиску, яка пов'язана з його температурою, кг/м³:

$$\rho(T_i) = \rho_{н.у.} \frac{273}{T_i}; \quad (5)$$

де $\rho_{н.у.}$ – густина повітря при нормальних умовах ($T_{н.у.} = 273$ К, $P_{н.у.} = 101325$ Па), $\rho_{н.у.} = 1,293$ кг/м³ [10]; v_i – швидкість повітря в i -у повітропроводі, м/с:

$$v_i = \frac{V_i}{A_i}, \quad (6)$$

де V_i – об'ємні витрати повітря в i -ому повітропроводі, м³/с.

В результаті розрахунку за формулою (4) отримуємо ефективні діаметри повітропроводів: для 1-ого – $d_1 = 2r_1$, 2-ого – $d_2 = 2(r_2 - r_1)$, 3-ого – $d_3 = 2(r_3 - r_2)$.

Згідно досліджень, коефіцієнт опору тертя при турбулентному русі залежить від числа Рейнольдса і шорсткості стінок повітропроводу. За А.Д. Альтшуля, він дорівнює [8, 11]:

$$\kappa_i = 0,114 \sqrt{\frac{68}{Re_i} + \frac{\psi}{d_i}}, \quad (7)$$

де ψ – еквівалентна шорсткість стінок повітропроводу, для поліетилену приймаємо $\psi = 0,1$ мм [8];

Re_i – число Рейнольдса для повітряного потоку в i -ому повітропроводі:

$$Re_i = \frac{d_i \cdot v_i \cdot \rho(T_i)}{\mu}, \quad (8)$$

де μ – динамічна в'язкість повітря, $\mu = 18,27 \cdot 10^{-6}$ Н·с/м² [10].

Згідно [8] втрати тиску в коліні (ділянки 12):

$$\Delta p_{16-7} = 4\alpha \sin^2 \frac{\theta_{6-7}}{2} \frac{\rho(T_2) v_2^2}{2}, \quad (9)$$

$$\Delta p_{18-9} = 4\alpha \sin^2 \frac{\theta_{8-9}}{2} \frac{\rho(T_2) v_2^2}{2}, \quad (10)$$

де α – коефіцієнт пом'якшення удару, для коліна постійного перерізу $\alpha = 0,55$; θ – кут коліна, згідно рисунку 1: $\theta_{6-7} = \theta_{8-9} = 90^\circ$.

Втрати тиску в просторовому (кільцевому) повороті на 180° при нагнітанні (ділянки 2-3-4 і 9-10) [7, 11]:

$$\Delta p_{12-3} = \zeta_{2-3} \frac{\rho(T_1) v_1^2}{2}, \quad (11)$$

$$\Delta p_{19-10} = \zeta_{9-10} \frac{\rho(T_2) v_2^2}{2}, \quad (12)$$

де ζ – коефіцієнт місцевого опору для просторового (кільцевого) повороту на 180° при нагнітанні, згідно [7, 11] $\zeta_{2-3} = \zeta_{9-10} = 2$.

Середні втрати тиску, які виникають при проходженні повітря крізь отвори на ділянці 4-5 згідно досліджень [8] можна розрахувати за формулою:

$$\Delta p'_{14-5} = \xi_{4-5} \frac{\rho(T_3) v_3^2}{2}, \quad (13)$$

де ξ_{4-5} – коефіцієнт витрат отвору, згідно [8] приймаємо $\xi_{4-5} = 4$.

Втрати тиску в трьохтрубному концентричному теплоутилізаторі визначаються як сума всіх втрат тиску:

$$\Delta p = \Delta p_{f1-2} + \Delta p_{12-3-4} + \Delta p_{f4-5} + \Delta p'_{14-5} + \Delta p_{16-7} + \Delta p_{f17-8} + \Delta p_{18-9} + \Delta p_{19-10}. \quad (14)$$

Приймаючи рівність об'ємних витрат повітря в усіх повітропроводах $V_i = V$ потужність, необхідна для прокачування повітря через трьохтрубний концентричний теплоутилізатор, визначається за формулою:

$$N_f = \frac{V \Delta p}{\eta_n}, \quad (15)$$

де η_n – повний ККД вентилятора, $\eta_n = 0,8$ [12].

Згідно аналізу досліджень систем вентиляцій [8] приймаємо умову рівності ефективних діаметрів повітропроводів для забезпечення рівномірності витрат тиску. Однак, враховуючи наявність розподільних отворів на зовнішньому трубопроводі його ефективний діаметр повинен бути на 8-12 % більшим [8]. Враховуючи вищесказане маємо:

$$2r_1 = 2 \cdot (r_2 - r_1) = 2 \cdot 1,1 \cdot (r_3 - r_2), \quad (16)$$

$$\begin{cases} r_1 \approx 0,343 \cdot r_3, \\ r_2 \approx 0,686 \cdot r_3. \end{cases} \quad (17)$$

Згідно отриманих залежностей (1)–(16) і варіюючи конструктивно-технологічними параметрами, а саме: радіусом зовнішнього повітропроводу r_3 , його довжиною L та подачею потоку повітря V в широкому діапазоні, отримуємо залежність зміни потужності, яка необхідна для прокачування повітря через трьохтрубний концентричний теплоутилізатор від вищезазначених факторів (рис. 2, рис. 3).

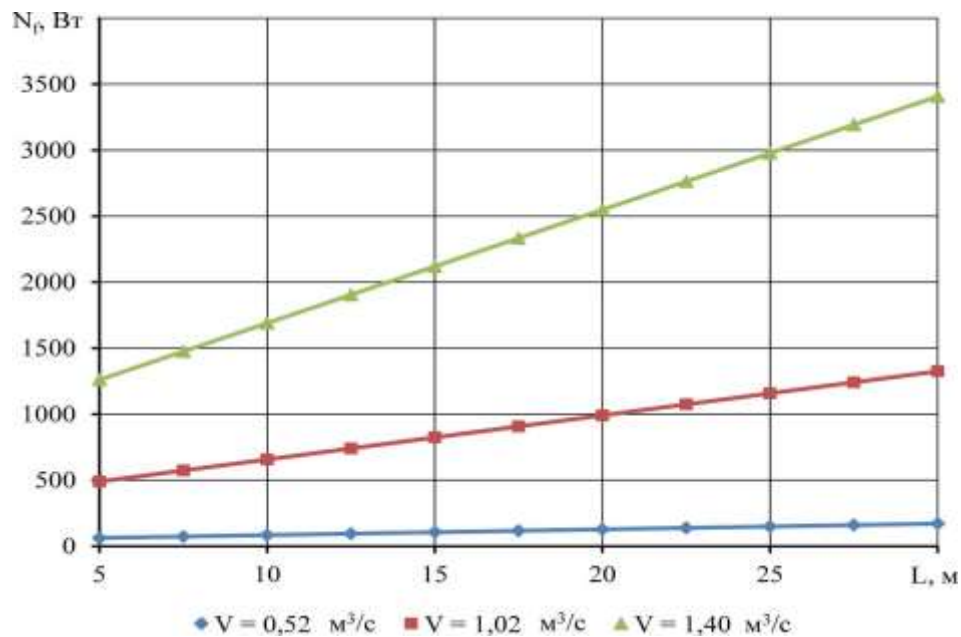


Рис. 2. Залежність зміни потужності N пневмовтрат від довжини теплоутилізатора L і подачі потоку повітря V при фіксованому значенні радіуса зовнішнього повітропроводу $r_3 = 0,47 \text{ м}$.

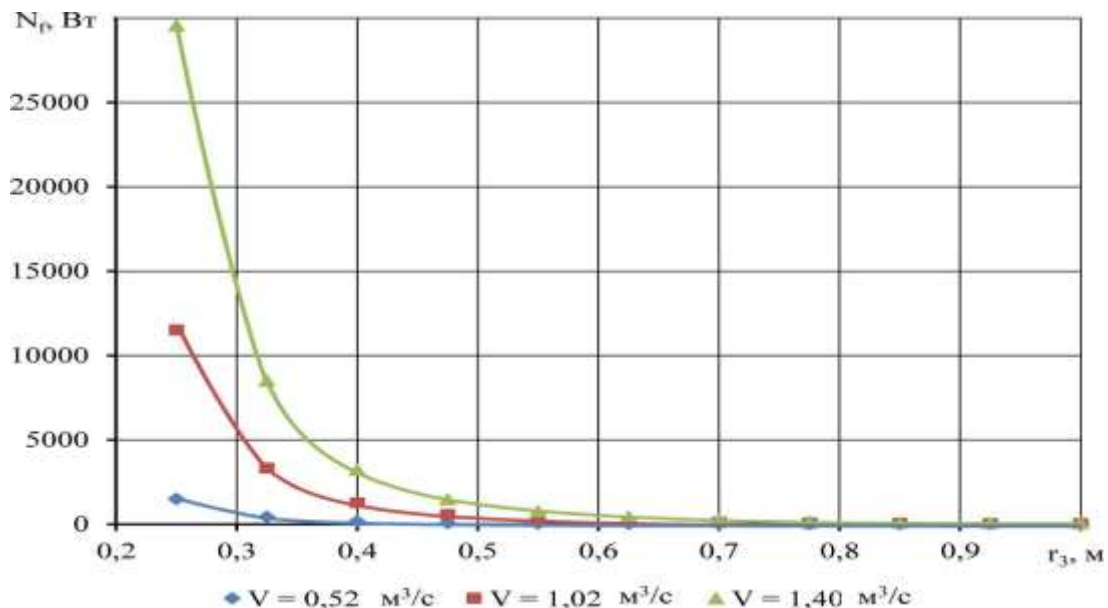


Рис. 3. Залежність зміни потужності N пневмовтрат від радіуса зовнішнього повітропроводу r_3 і подачі потоку повітря V при фіксованому значенні довжини теплоутилізатора $L = 7,5 \text{ м}$.

Висновок. В результаті проведених теоретичних досліджень встановлені залежності зміни втрат тиску Δp і потужності N пневмовтрат від довжини теплоутилізатора L , радіуса зовнішнього повітропроводу r_3 і подачі потоку повітря V .

Список літератури

1. Пришляк В.М. Обґрунтування конструктивних параметрів рекуперативних теплоутилізаторів для тваринницьких приміщень / В.М. Пришляк, В.М. Яропуд // Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: технічні науки. – Вінниця, 2014. – Вип. 2 (85). – С. 102–111.
2. Канарейкин А.И. Теплообмен при естественной циркуляции внутри труб теплообменника с вытяжной шахтой при ламинарном течении : Автореф. дис. канд. техн. наук / А.И. Канарейкин. – Екатеринбург, 2011. – 20 с.
3. Канарейкин А.И. Решение задачи теплообмена при естественной циркуляции внутри теплообменника с вытяжной шахтой в ламинарной области течения / А.И. Канарейкин // Вестник ЧГПУ. – 2009. – № 11. – С. 328–333
4. José, Acuña. Distributed thermal response tests – New insights on U-pipe and Coaxial heat exchangers in groundwater-filled boreholes: Doctoral Thesis / José Acuña // KTH School of Industrial Engineering and Management Division of Applied Thermodynamics and Refrigeration, 2013. – 141 p.
5. José, Acuña. Characterization and Temperature Measurement Techniques of Energy Wells for Heat Pumps. MSc thesis Energy Technology / José, Acuña. // Stockholm: KTH. – 2008. – 450 p.
6. Теплоснабжение и вентиляция. Курсовое и дипломное проектирование / [Б.М. Хрусталева, Ю.Я. Кувшинов, В.М. Копко и др. ; под ред. Б.М. Хрусталева]. – 3-е изд., испр. и доп. – М.: Изд-во АСВ, 2008. – 784 с.
7. Справочник по расчетам гидравлических и вентиляционных систем / [И.Г. Грачев, С.Ю. Пирогов, Н.П. Савищенко и др. ; под ред. А.С. Юрьева]. – СПб.: Мир и семья, 2001. – 1154 с.
8. Талиев В.Н. Аэродинамика вентиляции : учеб. пособие для вузов / В.Н. Талиев. – М.: Стройиздат, 1979. – 295 с.
9. Хрусталева Б.М. Теплоснабжение и вентиляция: Курсовое и дипломное проектирование / Б.М. Хрусталева, Ю.Я. Кувшинов, В.М. Копко ; под ред. проф. Б.М. Хрусталева. – М.: Издательство АСВ, 2008. – 784 с.
10. David Bolton. The computation of equivalent potential temperature / David Bolton // Monthly weather review – American meteorological society, 1980. – Vol. 108. – P. 1046–1053.
11. Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям / И.Е. Идельчик ; под ред. М.О. Штейнберга. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1992. – 672 с.
12. Воронин Г.И. Конструирование машин и агрегатов систем кондиционирования / Г.И. Воронин. – М.: Машиностроение, 1978. – 544 с.

Проведены теоретические исследования пневмопотерь трехтрубного концентрического теплоутилизатора для животноводческих помещений. В результате исследований установлено закономерность изменения потерь давления и

мощности пневмотрат от конструктивно-технологических параметров теплоутилизатора (длины, радиуса внешнего воздуховода и подачи потока воздуха).

Соппротивление, параметры, воздух, воздуховод, мощность, теплоутилизаторов, давление.

Theoretical study air losses three pipe concentric heat utilizers for farm buildings. Our results established pattern of change of pressure loss and power air losses of structural and technological parameters of heat utilizers (length, radius and outer duct feeding air flow).

Resistance, parameters, air, air duct, power, heat recovery units, pressure.

УДК 631.363.2.02

ЗНОШУВАННЯ ПОВЕРХНІ РЕШЕТА ПІД ДІЄЮ ЗЕРНОВОГО МАТЕРІАЛУ

***А.І. Бойко, доктор технічних наук
А.В. Новицький, кандидат технічних наук
З.А. Морозовська, магістр***

В якості класифікаторів при розділенні подрібненої зернової маси використовують різні пристрої, серед яких найбільшого розповсюдження набули решета. Враховано особливості їх будови як перфорованих систем та проаналізовано знос граней отворів при подрібненні зернового матеріалу.

Дробарка, решето, знос, подрібнення, довговічність, технічне рішення, зміна форми, перфорація.

Постановка проблеми. Розділення зернових сумішей на фракції відбувається по різним ознакам їх фізико-механічних властивостей. Найбільш широкого розповсюдження в практиці приготування кормів і в сортуванні зерна зайшли решітні сепаратори. Вони представляють собою плоскі або циліндричні перфоровані отворами від розмірів і форми яких залежить результуючий фракційний склад продукту.

Аналіз останніх досліджень. При всій своїй простій конструкції простоті і експлуатаційних перевагах решітні сепаратори мають суттєвий недолік – недостатню довговічність. Це обумовлює

© А.І. Бойко, А.В. Новицький, З.А. Морозовська, 2014

мощности пневмотрат от конструктивно-технологических параметров теплоутилизатора (длины, радиуса внешнего воздуховода и подачи потока воздуха).

Соппротивление, параметры, воздух, воздуховод, мощность, теплоутилизаторов, давление.

Theoretical study air losses three pipe concentric heat utilizers for farm buildings. Our results established pattern of change of pressure loss and power air losses of structural and technological parameters of heat utilizers (length, radius and outer duct feeding air flow).

Resistance, parameters, air, air duct, power, heat recovery units, pressure.

УДК 631.363.2.02

ЗНОШУВАННЯ ПОВЕРХНІ РЕШЕТА ПІД ДІЄЮ ЗЕРНОВОГО МАТЕРІАЛУ

***А.І. Бойко, доктор технічних наук
А.В. Новицький, кандидат технічних наук
З.А. Морозовська, магістр***

В якості класифікаторів при розділенні подрібненої зернової маси використовують різні пристрої, серед яких найбільшого розповсюдження набули решета. Враховано особливості їх будови як перфорованих систем та проаналізовано знос граней отворів при подрібненні зернового матеріалу.

Дробарка, решето, знос, подрібнення, довговічність, технічне рішення, зміна форми, перфорація.

Постановка проблеми. Розділення зернових сумішей на фракції відбувається по різним ознакам їх фізико-механічних властивостей. Найбільш широкого розповсюдження в практиці приготування кормів і в сортуванні зерна зайшли решітні сепаратори. Вони представляють собою плоскі або циліндричні перфоровані отворами від розмірів і форми яких залежить результуючий фракційний склад продукту.

Аналіз останніх досліджень. При всій своїй простій конструкції простоті і експлуатаційних перевагах решітні сепаратори мають суттєвий недолік – недостатню довговічність. Це обумовлює

© А.І. Бойко, А.В. Новицький, З.А. Морозовська, 2014

необхідність їх періодичних заміन для продовження нормальної роботи машин. Особливо велика інтенсивність зношування спостерігається у решеті зернових дробарок. Причиною цього насамперед є відносно висока швидкість переміщення зерна в подрібнювальній камері і ударний характер циклічних навантажень при контактуванні зернин з робочою поверхнею решета. Кількість пройденного матеріалу впливає на зміну геометричних параметрів решета та, відповідно, на якість вихідного продукту.

Результати досліджень. При дослідженні процесу подрібнення на зернодробарці було проаналізовано рух зернового матеріалу в подрібнювальній камері, який в сукупності складається із частинок певної форми і розмірів. А також, встановлено, що решето є важливим робочим органом, що забезпечує якість вихідного продукту потрібної фракції.

Проаналізувавши процес подрібнення було встановлено, що зерновий матеріал при подрібненні рухається у круговому потоці. При встановленому режимі роботи дробарки інтенсивність проходження частинок крізь решето постійна і відповідає кількості подрібнених частин. При збільшенні розмірів отворів решета та кута обхвату ними робочої камери, рівномірність фракційного складу продуктів подрібнення покращується.

Якість подрібненої зернової маси може бути порушена тільки в тому випадку, коли розмір і форма отворів сепаруючого решета буде змінюватися під час роботи, в наслідок чого, вихідний матеріал буде недоподрібнений. Для кормопиготувальної промисловості цей фактор є досить суттєвим, оскільки від ступеню подрібнення зерна залежить не тільки якість суміші, але й приріст ваги у тварин при згодовуванні даних кормів.

Після спостереження за зношуванням отворів сепаруючого решета було виявлено нерівномірність його розподілу як по ширині робочої камери, так і самих отворів в цілому.

Зношування робочої поверхні решета можна розглядати, як природній процес втрати початкової форми при взаємодії її із зерною масою при протіканні робочого процесу. Дослідженнями встановлено, що початкова (прямокутна) форма, яку можна розглядати у перерізі, нового решета при зношуванні заокруглюється і набуває криволінійної поверхні (рис. 1.)

Провівши певні дослідження, було виявлено, що динаміка зношування деталей з кутовою формою має нерівномірне розподілення і найбільший знос припадає, насамперед, на вершину кута і призводить до його стирання та утворення криволінійної форми. Саме в цьому місці спостерігається найбільш інтенсивний процес зношування і швидка втрата початкової форми отвору.

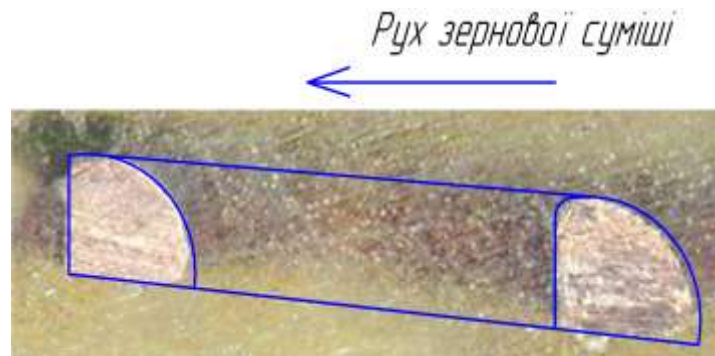


Рис. 1. Переріз зношеного отвору решета дробарки.

Пояснити зростання інтенсивності стирання матеріалу решета можна насамперед виступаючою кутовою формою місця зношування. Крім того, кутова форма менш захищена від пошкодження і є більш вразливою для дії зовнішніх факторів, що його визначають. В необхідності розвантаження форми отвору вказує кутова початкова форма, яка відносно швидко міняється на округлу, тим самим розширюючи периметр взаємодії із зерновою масою. Динаміка поступової зміни форми отвору при зношуванні схематично представлено на рис. 2.

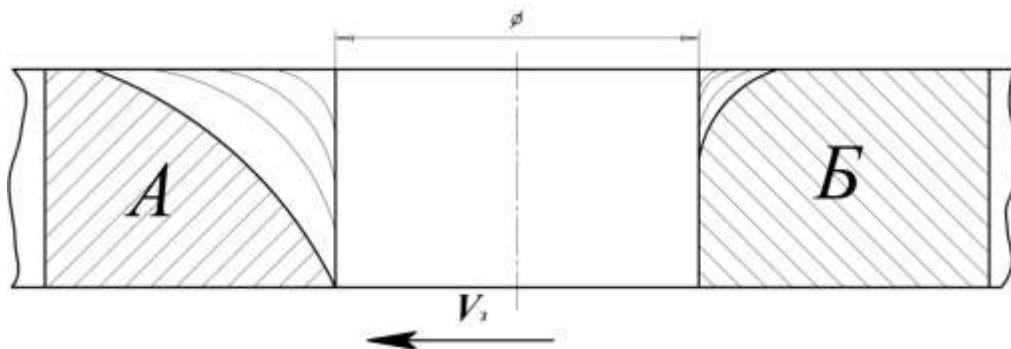


Рис. 2. Динаміка поступової зміни форми отвору: V_3 – напрям руху зернової суміші.

Відмічається, що протилежний край отвору (сторона Б) також зношується, але інтенсивність процесу зміни форми на цій стороні дещо менша, ніж на стороні А.

Попереднє вивчення зміни форми профілю зношування отворів показало, що за рівні проміжки наробітку дробарки профілі зміщуються в глибину деталі на неоднакові відстані. Більш детальний аналіз наслідків зношування показав, що профілі в залежності від наробітку переміщуються по закону, який з достатньою для практики точністю може бути описаний рівносповільненим рухом. Цей факт відкриває можливість теоретичного опису процесу зношування просіюючих отворів решета на основі розробки відповідних математичних моделей. Правомірно

прийняти, що на величину зношування (стирання) робочої поверхні решета буде впливати динамічна рівновага між силами які діють у подрібнювальній камері при проходженні матеріалу крізь отвори решета. Враховуючу те, що подрібнювальний матеріал рухається в напрямку прикладених ударних навантажень, що наносять молотки, грані решета, які знаходяться на шляху їх дії зношуються більш інтенсивніше ніж інша їх сторона.

Характерним для поверхні зношування сепаруючого решета являється, також, наявність окремих каверн та інших нерівностей (рис. 3), які обумовлені із зіткненням робочого органу з дрібними твердими вкрапленнями (пісок, каміння), що також входять до складу зернового матеріалу, та розміри яких становлять близько 0,3-0,8 мм.



Рис. 3. Нерівномірність поверхні решета в наслідок ударів твердими вкрапленнями.

Висновок. Враховуючи особливості конструкції решіт як перфорованих деталей, та динаміку їх зношування перспективним слід вважати насамперед застосування конструктивних методів підвищення їх довговічності.

Список літератури

1. Бойко А.І. Підвищення надійності кормодробарок та подрібнювачів / А.І. Бойко, А.В. Новицький // Механізація сільськогосподарського виробництва. – К.: НАУ, 1997. – Т. III. – С. 6–8.
2. Новицький А.В. Метод оцінки роботоздатності кормоподрібнюючих машин / А.В. Новицький // Механізація сільськогосподарського виробництва. – К.: НАУ, 1998. – Т. IV. – С. 63–68.
3. Морозовська З.А. Основні види пошкоджень деталей решітних зернодробарок / З.А. Морозовська // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – К.: НУБіП України, 2014. – Вип. 196, ч. 1. – С. 283–286.
4. Бойко А.І. Аналіз конструктивних рішень решіт зернодробарок, направлених на підвищення їх довговічності / Бойко А.І., Новицький А.В., Морозовська З.А. // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – К.: НУБіП України, 2014. – Вип. 196, ч. 2. – С. 165-171.

В качестве классификаторов при разделении измельченной зерновой массы используют различные устройства, среди которых наибольшего распространения получили решета. Учтены особенности их строения как перфорированных систем и проанализирован износ граней отверстий при измельчении зернового материала.

Дробилка, решето, износ, измельчения, долговечность, техническое решение, изменение формы, перфорация.

As separation of crushed grain mass used different devices, the most common are sieves. Also take into account features of its structure as perforated systems and analyzed the wear facets holes and milled grain material.

Crusher, sieve, wear, crushing, dureliability, technical solution, change shape, perforation.

УДК 631.331.5:001.53/8

РЕЗУЛЬТАТИ ВПЛИВУ РЕЗЕРВНОГО ДОЗАТОРА НА ТОЧНІСТЬ ВИСІВУ ПРОСАПНИХ ТЕХНІЧНИХ КУЛЬТУР ПНЕВМОМЕХАНІЧНИМ АПАРАТОМ

О.О. Банний, кандидат технічних наук

В статті представлені експериментальні дані оцінки ефективності роботи додаткового резервного дозатора на підвищення технологічної надійності виконання висіву насіння пневмомеханічним апаратом.

Пневмомеханічний висівний апарат, резервний дозатор, технологічна надійність, ймовірність пропусків.

Постановка проблеми. Точність виконання посіву закладає основу майбутній врожайності при вирощуванні технічних культур. Багато в чому точність визначається конструктивними особливостями самого висівного апарату, який повинен забезпечувати необхідний рівень надійності виконання технологічного процесу. В свою чергу показники технологічної надійності залежать від параметрів роботи, обґрунтування яких має суттєве практичне значення. За основний показник надійності виконання технологічного процесу висівного апарату можна

© О.О. Банний, 2014

В качестве классификаторов при разделении измельченной зерновой массы используют различные устройства, среди которых наибольшего распространения получили решета. Учтены особенности их строения как перфорированных систем и проанализирован износ граней отверстий при измельчении зернового материала.

Дробилка, решето, износ, измельчения, долговечность, техническое решение, изменение формы, перфорация.

As separation of crushed grain mass used different devices, the most common are sieves. Also take into account features of its structure as perforated systems and analyzed the wear facets holes and milled grain material.

Crusher, sieve, wear, crushing, dureliability, technical solution, change shape, perforation.

УДК 631.331.5:001.53/8

РЕЗУЛЬТАТИ ВПЛИВУ РЕЗЕРВНОГО ДОЗАТОРА НА ТОЧНІСТЬ ВИСІВУ ПРОСАПНИХ ТЕХНІЧНИХ КУЛЬТУР ПНЕВМОМЕХАНІЧНИМ АПАРАТОМ

О.О. Банний, кандидат технічних наук

В статті представлені експериментальні дані оцінки ефективності роботи додаткового резервного дозатора на підвищення технологічної надійності виконання висіву насіння пневмомеханічним апаратом.

Пневмомеханічний висівний апарат, резервний дозатор, технологічна надійність, ймовірність пропусків.

Постановка проблеми. Точність виконання посіву закладає основу майбутній врожайності при вирощуванні технічних культур. Багато в чому точність визначається конструктивними особливостями самого висівного апарату, який повинен забезпечувати необхідний рівень надійності виконання технологічного процесу. В свою чергу показники технологічної надійності залежать від параметрів роботи, обґрунтування яких має суттєве практичне значення. За основний показник надійності виконання технологічного процесу висівного апарату можна

© О.О. Банний, 2014

прийняти ймовірність його безвідмовної роботи (коефіцієнт надійності). Так як одною з відмов є пропуски насінин, то для кількісної характеристики роботи апарату правомірно ввести такий показник як ймовірність появи пропусків $\xi_{\text{пр}}$.

Результати досліджень. Дослідження проводились в лабораторних умовах на спеціально виготовленій для цього установці НТС-2. Установка імітувала роботу реального пневмомеханічного висівного апарату. Для проведення досліджень вибрані насіння просапних культур: кукурудзи, соняшника, сої, гороха і буряка.

Вплив швидкості переміщення дозуючого елемента. Постійними параметрами в експериментальному дослідженні були: усереднене значення розрідження $P = 4 \text{ кПа}$; кінчна форма присмоктуючої комірки з діаметром отвору $\varnothing = 4 \text{ мм}$.

За варійовані параметри прийнято: швидкість переміщення комірки від 0,1 до 0,5 м/с з кроком в 0,1 м/с; насіння культур, що висіваються (горох, кукурудза, соняшник, соя, буряк).

Результати досліджень у вигляді графічних залежностей зміни ймовірності пропусків $\xi_{\text{пр}}$ від швидкості переміщення дозуючого елемента V відносно маси насіння завантажувальної камери представлені на рис. 1.

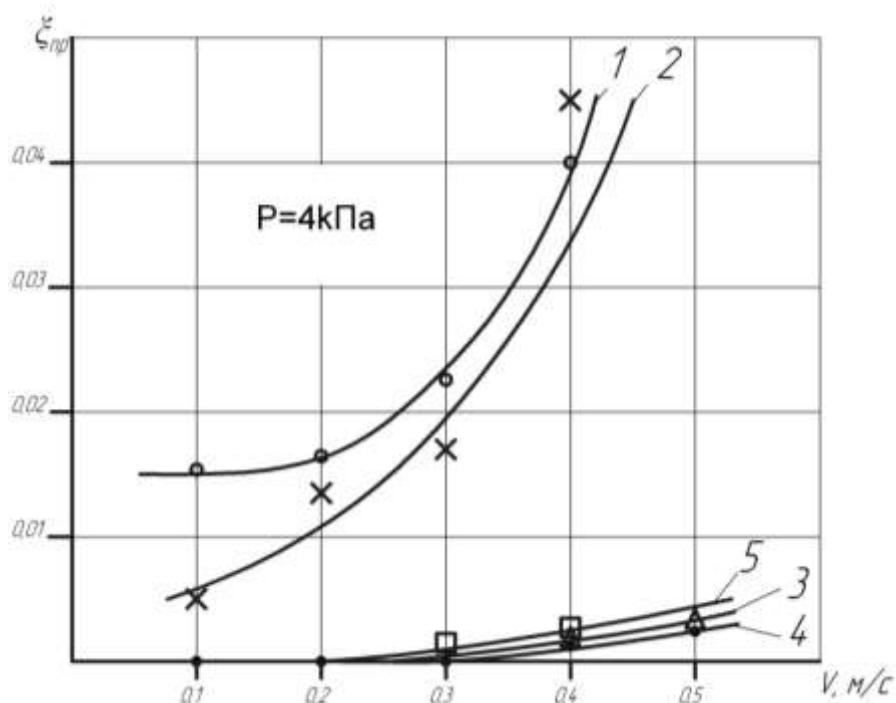


Рис. 1. Залежність ймовірності пропусків серійного апарату від швидкості переміщення дозатора для: 1 – кукурудзи, 2 – гороха, 3 – соняшника, 4 – сої, 5 – буряка.

З рис. 1 видно, що графіки всі мають нелінійний характер. Для всіх видів культур характерним є збільшення ймовірності пропусків з підвищенням відносної швидкості руху дозуючого елемента. Графіки можна розділити на дві групи: ті, для яких ймовірності пропусків зміщені у більшу сторону (кукурудза, горох) і ті, для яких вказані ймовірності мінімальні (соняшник, соя, буряк). Для останніх ймовірності пропусків на малих швидкостях 0,1...0,3 м/с взагалі наближаються до нуля, тобто випадків пропусків у експериментальному дослідженні не відмічається. І тільки при швидкостях більших за $V = 0,3$ м/с відзначаються появи пропусків в роботі апарата.

Таким чином, по відмовам-пропускам насіння культур розділилися на дві групи. Незначна ймовірність пропусків характерна для соняшника, буряка і сої. Більші значення ймовірності отримані для кукурудзи і гороха. Особливо ця різниця стає очевидною при швидкостях, що перебільшують $V = 0,3$ м/с. Пояснити отримані результати розподілення можна невеликою об'ємною масою насінин соняшника і формою насінин сої та буряка, що близька до сферичної. Перші з них легко присмоктуються комірками пневмомеханічного апарату, а другі завдяки своїй формі добре прилягають до поверхні комірки, не залишаючи можливостям утворення додаткових струменів повітря.

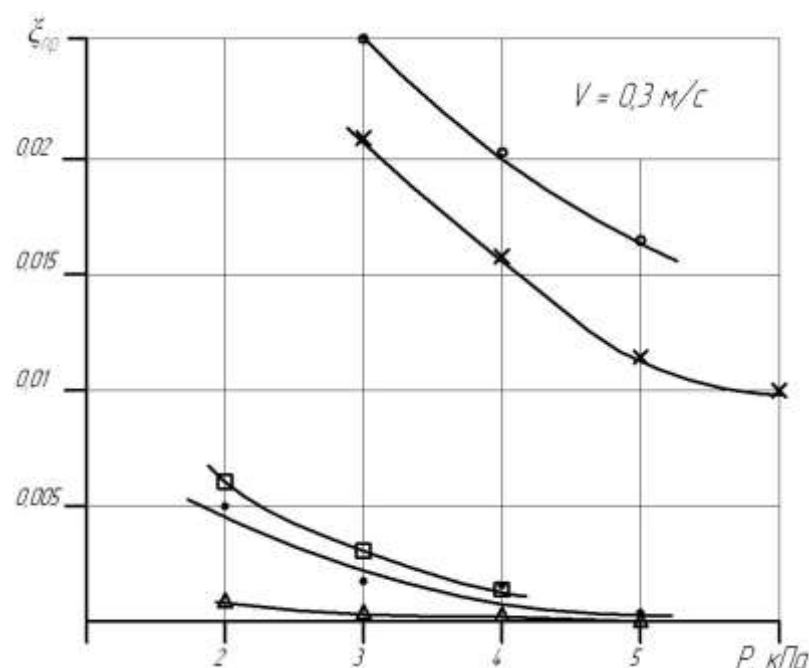


Рис. 2. Залежність ймовірності пропусків від ступені розрідження у вакуумній камері серійного апарата для: 1 – кукурудзи; 2 – гороха; 3 – соняшника; 4 – сої; 5 – буряка.

Вплив розрідження у вакуумній камері Другим, крім швидкості, важливим параметром, що суттєво впливає на якість виконання дозування при відокремленні насінин з маси є ступень розрідження (глибина вакуума P). Дослідження впливу цього параметру на ймовірність пропусків (рис. 2) показали, що для всіх культур зі збільшенням розрідження у вакуумній камері ймовірність пропусків зменшується. При чому спостерігається нелінійний зв'язок між цими величинами з поступовим зменшенням впливу розрідження. Отримані дані можна умовно розділити на дві групи. Одна з них (буряк, соняшник, соя) мають відносно невеликі значення ймовірностей пропусків (в середньому $\xi_{\text{пр}} = 0,0025$). Суттєво відрізняються від них результати, що отримані для насінин кукурудзи і гороха, де ймовірність пропусків на порядок більша. Крім того, для цих культур зниження ймовірностей зі збільшенням вакууму відбувається значно швидше ніж для насіння інших культур.

Встановлено, що до формування пропусків більш чутливими виявилися насіння кукурудзи (рис. 1 і рис. 2).

Підвищення якості і надійності виконання процесу висіву пневмомеханічним апаратом досягається шляхом введення в конструкцію додаткового резервного дозатора і системи керування його синхронною дією. Додатковий дозатор призначений знизити (виключити) пропуски, обумовлені незахватом насінин присмоктоючою коміркою, або таких, які виникли в результаті дії скидувача зайвих насінин. Для проведення лабораторних досліджень додатковий резервний дозатор і елементи керування його дією змонтовано на стенді НТС-2 і підключено в загальну пневматичну систему висівного апарату.

Вплив швидкості переміщення дозуючого елемента. Як і для штатного (серійного) пневмомеханічного апарату, дослідження апарату з резервним дозатором, проводились в тих же режимах швидкостей і розріджень і на насінні тих же просапник культур.

Природно, що загальний характер зміни ймовірності пропусків $\xi_{\text{пр}}$ від швидкості переміщення комірки для дослідного апарату зберігається і відповідає серійному (рис. 3). Пояснюється це єдиною механікою процесу захвату насінин. Фактично, в цьому важливому акті взаємодії дозуючого елемента з окремою насінною нічого не змінилося, а тому і статистичні характеристики процесу збереглися.

Зміни в формуванні регулярного потоку насінин, що направляються у борозну, відбулися завдяки системі корекції «помилки» дозуючого елемента. Так як ця система по фазі свого спрацювання дещо зміщена на запізнення по часу то вона має вплив тільки вже на результат захвату чи незахвату (пропуску) насінин після дії скидувача.

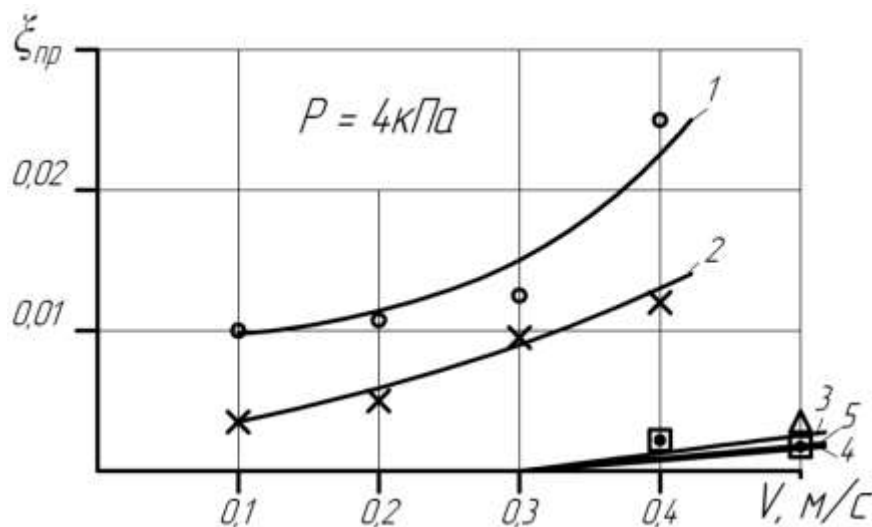


Рис. 3. Залежність ймовірності пропусків дослідного апарату з резервним дозатором від швидкості переміщення присмоктуючої комірки: 1 – кукурудзи; 2 – гороха; 3 – соняшника; 4 – сої; 5 – буряка.

Як видно з отриманих графіків, залежності ймовірностей пропусків $\xi_{пр}$ від швидкості переміщення дозатора (рис. 3), мають нелінійний характер. Зі збільшенням швидкості ймовірності зростають. Особливо чутливим до цього залишаються насінини кукурудзи і гороху і в значно меншій мірі соняшника, буряка і сої. Однак, слід відмітити, що в порівнянні з роботою штатного (серійного) пневмомеханічного висівного апарату, для дослідного характерно загальне зниження ймовірності пропусків насінин усіх випробуваних культур. Так, для насінин кукурудзи і гороху, що найгірше дозуються ймовірності пропусків при швидкості $V = 0,4 \text{ м/с}$ знизились відповідно з 0,04 до 0,025 і з 0,045 до 0,012. Тобто, для кукурудзи у 1,6, а для гороху у 3,75 рази. В середньому в 2 рази знизилась ймовірність пропусків для соняшника, буряка і сої (рис. 3, криві 3, 4 і 5). Отримані дані є результатом компенсуючої дії резервного дозатора. В цілому визначилась загальна тенденція впливу швидкості переміщення дозуючого елемента на якість і надійність виконання технологічного процесу дозування висівним апаратом з додатковим резервним дозатором. Встановлено, що збільшення швидкості приводить до збільшення пропусків, але в значно меншій мірі (в 1,6 рази) ніж у серійного апарата. Таким чином введення додаткового дозатора підвищує якість виконання посіву.

Вплив ступеня розрідження у вакуумній камері. Другим важливим параметром, від якого залежить присмоктуюча дія комірки дозуючого елемента є ступінь розрідження у вакуумній камері. Дослідження зміни розрідження на ймовірності характеристики технологічної надійності роботи апарату з дублюючим дозатором

представлені графічними залежностями на рисунку 4. Як показали дослідження, зі збільшенням розрідження ймовірність пропусків знижується. Це пояснюється підвищенням присмоктуючої сили, що діє на окрему насінину при захваті її коміркою.

Для кукурудзи, гороха і соняшники ці залежності носять спадаючий характер. Практично лінійна залежність встановлена для буряка. А для насінин сої в діапазоні досліджених параметрів розрідження пропусків взагалі не виявлено.

Внаслідок роботи додаткового дублюючого дозатора ймовірність пропусків суттєво знизилась. Порівняння роботи дослідного апарату з серійним показало, що ймовірність пропусків дослідного апарату на рівні розрідження $P = 4 \text{ кПа}$ при фіксованій швидкості $V = 0,3 \text{ м/с}$ складав для гороху і кукурудзи біля $\xi_{\text{пр}} = 0,01$. При цих же параметрах і для цих же культур серійний апарат дає пропуски на рівні: для кукурудзи – 0,02, а для гороху – 0,016.

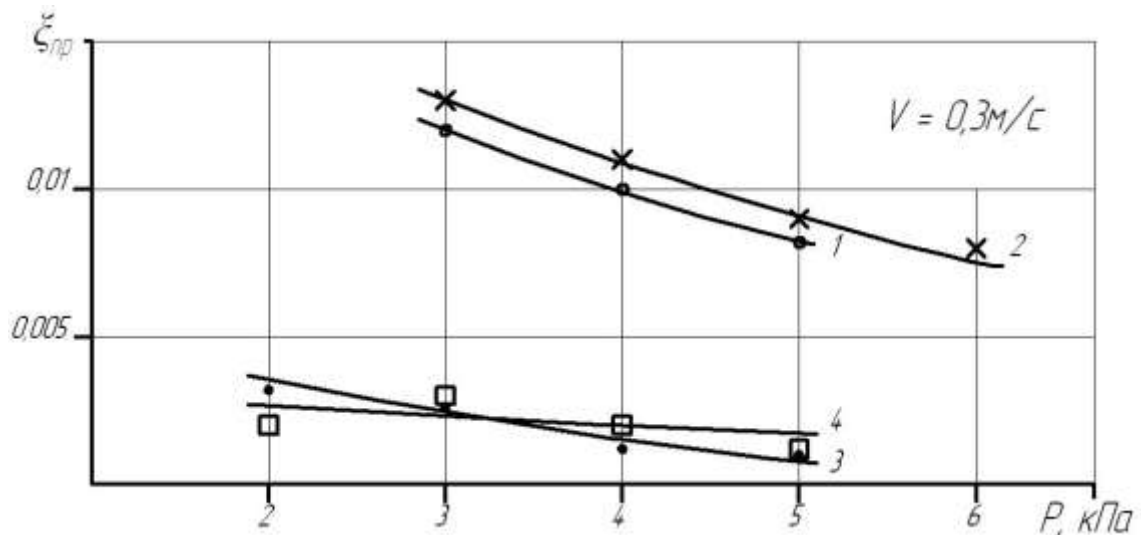


Рис. 4. Залежність ймовірності пропусків від ступені розрідження у вакуумній камері дослідного апарату з резервним дозатором для: 1 – кукурудза; 2 – гороха; 3 – соняшника; 4 – буряк.

Таким чином експериментально при стендових випробуваннях, що імітували реальні умови експлуатації доведені переваги в роботі дослідного апарату з дублюючим дозатором. По показнику ймовірності пропусків технологічна надійність апарату з дублюючим дозатором підвищилась для різних культур з 1,6 до 2,0 раз.

Висновок. Введення в конструкцію пневмомеханічного висівного апарату резервного дублюючого дозатора дає змогу зменшити ймовірності появи пропусків, що в загальному підвищує надійність здійснення технологічного процесу а значить і виконання посіву.

В статье представленные экспериментальные данные оценки эффективности работы дополнительного резервного дозатора на повышение технологической надежности выполнения высева семян пневмомеханическим аппаратом.

Пневмомеханический высевной аппарат, резервный дозатор, технологическая надежность, вероятность пропусков.

In paper presented these experimental estimations of efficiency of work of additional reserve metering device are on increase of technological reliability of implementation of sowing of seed by pneumomassage vehicle.

Pneumomachanic sowing vehicle, reserve metering device, technological reliability, probability of admissions.

УДК 631.365:635.54

ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ КОНСТРУКЦІЙНИХ ПАРАМЕТРІВ СУШАРКИ НА ТЕХНОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ ПРОЦЕСУ СУШІННЯ ЦИКОРІЮ КОРЕНЕВОГО

***І.В. Нездвецька, кандидат технічних наук
Житомирський національний агроекологічний університет***

Визначено технологію сушіння цикорію кореневого з метою забезпечення максимального збереження його якісних показників при мінімальних питомих енерговитратах застосованого обладнання. В результаті аналітичних досліджень встановлено раціональні технологічні параметри процесу сушіння цикорію кореневого та конструкційні параметри сушарки, при яких забезпечуються визначені технологічні параметри.

Конструкційні параметри, сушіння, технологічні параметри, цикорій кореневий, якісні показники матеріалу.

Постановка проблеми. Виходячи з природного потенціалу України, з огляду на експертні оцінки фахівців аграрного ринку, Україна має усі можливості для того, щоб бути серед світових лідерів-виробників продукції рослинного походження. Проте, актуальною для вітчизняного сільгоспвиробника постає проблема зберігання і переробки продукції рослинного походження. Сучасні вимоги, що ставляться до сушильного обладнання, передбачають,

© І.В. Нездвецька, 2014

В статье представленные экспериментальные данные оценки эффективности работы дополнительного резервного дозатора на повышение технологической надежности выполнения высева семян пневмомеханическим аппаратом.

Пневмомеханический высевной аппарат, резервный дозатор, технологическая надежность, вероятность пропусков.

In paper presented these experimental estimations of efficiency of work of additional reserve metering device are on increase of technological reliability of implementation of sowing of seed by pneumomassage vehicle.

Pneumomachanic sowing vehicle, reserve metering device, technological reliability, probability of admissions.

УДК 631.365:635.54

ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ КОНСТРУКЦІЙНИХ ПАРАМЕТРІВ СУШАРКИ НА ТЕХНОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ ПРОЦЕСУ СУШІННЯ ЦИКОРІЮ КОРЕНЕВОГО

***І.В. Нездвецька, кандидат технічних наук
Житомирський національний агроекологічний університет***

Визначено технологію сушіння цикорію кореневого з метою забезпечення максимального збереження його якісних показників при мінімальних питомих енерговитратах застосованого обладнання. В результаті аналітичних досліджень встановлено раціональні технологічні параметри процесу сушіння цикорію кореневого та конструкційні параметри сушарки, при яких забезпечуються визначені технологічні параметри.

Конструкційні параметри, сушіння, технологічні параметри, цикорій кореневий, якісні показники матеріалу.

Постановка проблеми. Виходячи з природного потенціалу України, з огляду на експертні оцінки фахівців аграрного ринку, Україна має усі можливості для того, щоб бути серед світових лідерів-виробників продукції рослинного походження. Проте, актуальною для вітчизняного сільгоспвиробника постає проблема зберігання і переробки продукції рослинного походження. Сучасні вимоги, що ставляться до сушильного обладнання, передбачають,

© І.В. Нездвецька, 2014

разом з високою продуктивністю та низькою енергомісткістю, забезпечення високих якісних показників отриманого продукту [1, 2, 3, 4]. Сучасний рівень техніко-технологічного забезпечення аграрної переробної галузі, загалом, і сушильних виробництв, зокрема, є малоефективним і енергомістким. Відомі наразі технічні рішення щодо процесів сушіння рослинних матеріалів, і цикорію кореневого у тому числі, характеризуються високими показниками енергомісткості обладнання (іноді понад 2 кВт·год/кг випареної води), а нераціональний і недостатньо обґрунтований вибір технологічних параметрів процесів сушіння спричиняє втрати вмісту біологічно цінних складових об'єктів сушіння до 20–30 %

Аналіз останніх досліджень свідчить про те, що сучасні технології сушіння матеріалів с.-г. походження та відповідне обладнання характеризуються відносно високими показниками питомих енерговитрат, а показники якості кінцевого продукту мало беруться до уваги [5, 6]. Внаслідок цього отримана продукція не завжди відповідає вимогам споживачів, а її ринкова вартість знижується [1, 2, 3, 4]. Вирішити проблему зростання конкурентоспроможності продукції с.-г. походження, яка підлягає сушінню з метою підвищення її терміну зберігання і наступної переробки, можливо шляхом пошуку раціональних технологій сушіння при максимально можливому зниженні питомих енерговитрат процесу по відношенню до кількості сухої речовини отриманого продукту.

Аналіз проведених теоретичних та експериментальних досліджень [5, 7, 8] свідчить, що засоби механізації для сушіння сипких матеріалів рослинного походження вивчено ще недостатньо. Перспективним є подальший розвиток такого обладнання, зокрема для цикорію кореневого, створення конструкцій сушильних установок барабанного типу з забезпеченням періодичної дії на матеріал енергії інфрачервоного (ІЧ) випромінювання, що дасть змогу обмежити критичну дію високих температур, а отже одержати кінцевий продукт з високими якісними показниками та гарантувати бажану продуктивність за умови мінімізації питомих енерговитрат.

Мета досліджень. Обґрунтування раціональних технологічних параметрів процесів висушування та конструкційних параметрів відповідного обладнання, що дасть змогу підвищити кінцеву якість продукту і знизити енергомісткість самого виробництва.

Результати досліджень. З метою визначення раціональних технологічних параметрів процесу сушіння цикорію в сушарках з терморадіаційним енергопідведенням проведено аналітичне дослідження технологічних параметрів процесу з урахуванням зміни якісних показників об'єкта сушіння, продуктивності та енергомісткості

самого процесу. На підставі аналізу експертних оцінок [8, 9, 10, 11, 12, 13] побудовано структурно-логічну модель процесу сушіння сипких харчових продуктів у сушарках з ІЧ-енергопідведенням (рис. 1), де визначено взаємозв'язки технологічних параметрів процесу сушіння і деяких конструкційних параметрів обладнання з показниками якості кінцевого продукту (вміст інуліну, вологість об'єкту сушіння), продуктивністю процесу та енерговитратами. На основі законів і положень теорії нечіткої логіки математично змодельовано технологічний процес сушіння коренів цикорію та запропоновано теоретичні передумови дослідження раціональних конструкційно-технологічних параметрів сушарки, що гарантують нормативні (або підвищені) якісні показники матеріалу при мінімальній енергомісткості процесу.

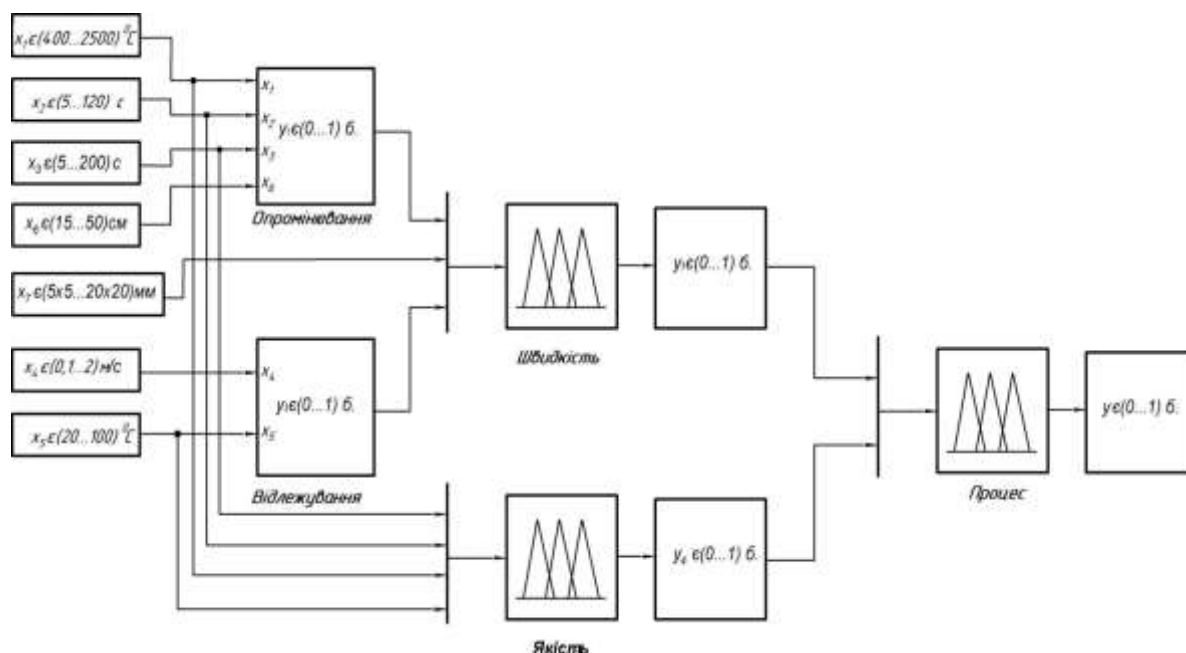


Рис. 1. Структурно-логічна модель технологічного процесу сушіння матеріалів рослинного походження в сушарках барабанного типу з терморадіаційним енергопідведенням: x_1 – лінгвістична змінна температури випромінювача; x_2 – лінгвістична змінна часу опромінення; x_3 – лінгвістична змінна часу відлежування; x_4 – лінгвістична змінна швидкості повітря, що обдуває матеріал; x_5 – лінгвістична змінна температури повітря, що обдуває матеріал; x_6 – лінгвістична змінна відстані між джерелом ІЧ-випромінювання та матеріалом; x_7 – лінгвістична змінна розміру частинки цикорію; y_i – відповідна база знань.

У нечіткій моделі технологічного процесу сушіння сипких матеріалів рослинного походження в сушарках з ІЧ-випромінюванням вхідними змінними параметрами, що впливають на

продуктивність процесу при забезпеченні високих якісних показників вихідного матеріалу, прийнято: температуру випромінювача (x_1); період опромінювання матеріалу (x_2); період відлежування (x_3); швидкість потоку повітря всередині сушарки (x_4); температуру потоку повітря, що подається на продукт (x_5); відстань між випромінювачем і поверхнею продукту (x_6); розмір частинок перед закладанням на сушіння (x_7).

Вихідна змінна моделі (y) – загальна характеристика процесу сушіння, що є сукупною функцією якісних показників отриманого матеріалу (y_1) та швидкості сушіння (y_2). Внаслідок побудови взаємозв'язків вхідних та вихідних змінних логічної системи, отримано нечітку модель технологічного процесу сушіння матеріалів рослинного походження в сушарках барабанного типу з терморадіаційним енергопідведенням (рис. 1).

За аналізом розробленої нечіткої моделі процесу сушіння сипких харчових продуктів рослинного походження встановлено, що отримання високих показників швидкості сушіння матеріалу та, як наслідок, зниження енерговитрат, при збереженні його якісних показників, досягається за таких значень вхідних параметрів: температура випромінювача $T = (800...1300) ^\circ\text{C}$; тривалість опромінювання $t_{\text{опр}} = (30...50) \text{ с}$; тривалість відлежування $t_{\text{відл}} = (90...150) \text{ с}$; швидкість потоку повітря $u = (0,8...1,3) \text{ м/с}$; температура повітря $T_{\text{нов}} = (20...30) ^\circ\text{C}$; відстань між джерелом опромінювання і матеріалом $h = (15...25) \text{ см}$; лінійний розмір частинок матеріалу $S = (10...15) \text{ мм}$.

Забезпечити перервне опромінювання матеріалу, загалом, та у сушарках барабанного типу, зокрема, можливо завдяки регулюванню тривалості перебування робочого тіла у зонах опромінювання та його відлежування, завдяки введенню нових перспективних рішень конструкції сушарки. З метою реалізації такого завдання у ході аналітичних досліджень нами запропоновано встановлення напрямної полицки над випромінювачем (рис. 2), що дасть змогу дозувати енергетичний вплив ІЧ-випромінювання на матеріал, що обробляється.

В результаті графоаналітичних досліджень руху матеріалу в сушильному барабані при різній кількості лопаток, що встановлено по внутрішньому периметру барабана, отримано залежність тривалості інтервалу опромінювання матеріалу від кількості лопаток та частоти обертання барабана:

$$t_{\text{опр}} = \frac{15 \left(1 + \frac{4}{z} \right)}{n}, \quad (1)$$

де $t_{оп}$ – інтервал часу опромінювання, с; z – кількість лопаток, шт.;
 n – частота обертання барабана, $хв^{-1}$.

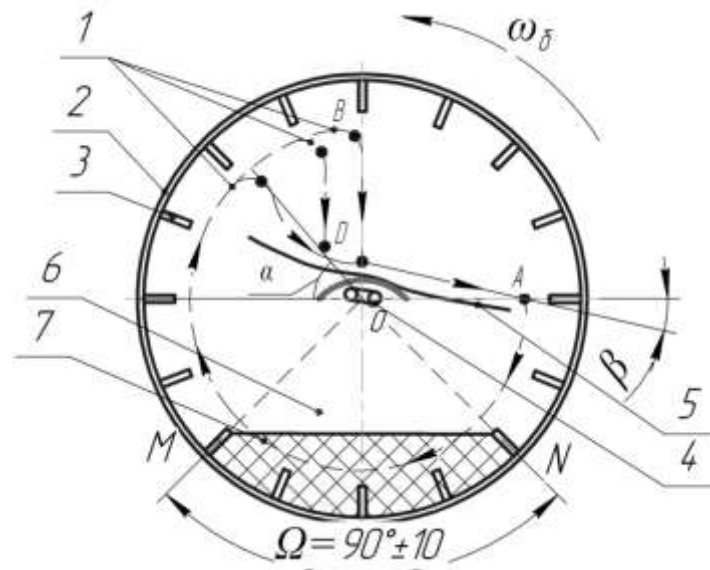


Рис. 2. Схема внутрішньої конструкції барабана: 1 – траєкторії руху частинок матеріалу; 2 – корпус барабана; 3 – лопатки; 4 – ІЧ-випромінювач; 5 – напрямна поличка; 6 – зона опромінювання; 7 – матеріал, що опромінюється; Ω – кут опромінювання; α – кут підйому частинки матеріалу над горизонтальною віссю барабана; β – кут нахилу напрямної полички; ω_δ – кутова швидкість обертання барабана

Аналізуючи динаміку руху частинки у барабані, отримано залежність для визначення впливу конструкційних параметрів барабана на тривалість періоду відлежування матеріалу при періодичній дії на нього енергії ІЧ-випромінювання:

$$t_{відл} = \frac{60 \left(\frac{\pi}{2} + \arcsin(1,1 \cdot \sin \beta) \right)}{\pi n} + \sqrt{\frac{0,088 \cdot D_a \cdot \sin \beta}{g}} + \sqrt{\frac{1,6 \cdot D_a}{g \left(\sin \beta - f_2 \cos \gamma \cos \beta \cos \left(\arctg \left(\frac{\sin \gamma}{\sin \beta} \right) \right) \right)}} + \frac{15\pi - 60\beta}{2\pi n} \quad (2)$$

де $t_{відл}$ – тривалість періоду відлежування, с; β – кут нахилу напрямної полички, рад; D_a – діаметр барабана, м; g – прискорення вільного падіння, $м/с^2$; n – частота обертання барабана, $хв^{-1}$; f_2 – коефіцієнт тертя між матеріалом і поверхнею полички; γ – кут нахилу поздовжньої осі барабана до горизонталі, рад.

Використовуючи отримані залежності, з урахуванням фізико-механічних властивостей коренів цикорію, визначено залежність

частоти обертання барабана від конструкційно-технологічних параметрів сушильного барабана:

$$n = \frac{120 \arcsin(1,1 \cdot \sin \beta) + 75\pi - 60\beta}{2\pi \left(t_{\text{длає}} - \sqrt{\frac{0,088 \cdot D_{\text{д}} \cdot \sin \beta}{g}} - \sqrt{\frac{1,6 \cdot D_{\text{д}}}{g \left(\sin \beta - f_2 \cos \gamma \cos \beta \cos \left(\arctg \left(\frac{\sin \gamma}{\sin \beta} \right) \right) \right)}} \right)}. \quad (3)$$

При розв'язанні рівнянь (1), (2), (3), з урахуванням умов забезпечення періодичного ІЧ-опромінювання матеріалу, з огляду на рекомендовані за висновками проведених аналітичних досліджень значення $t_{\text{опр}}$, $t_{\text{відл}}$, h , раціональна частота обертання барабана становитиме $n = (0,4 \dots 0,5) \text{ хв}^{-1}$, кут нахилу напрямної полицки $\beta = (18 \dots 44)^\circ$, діаметр барабана $D_{\text{д}} = 1 \text{ м}$, а кількість лопаток, що встановлено по внутрішньому периметру барабана $z = (8 \dots 12) \text{ шт}$.

Для уточнення параметрів лопатки та полицки розглянуто механічну взаємодію частинки матеріалу з лопаткою барабана (рис. 3) з урахуванням формул (1)–(3).

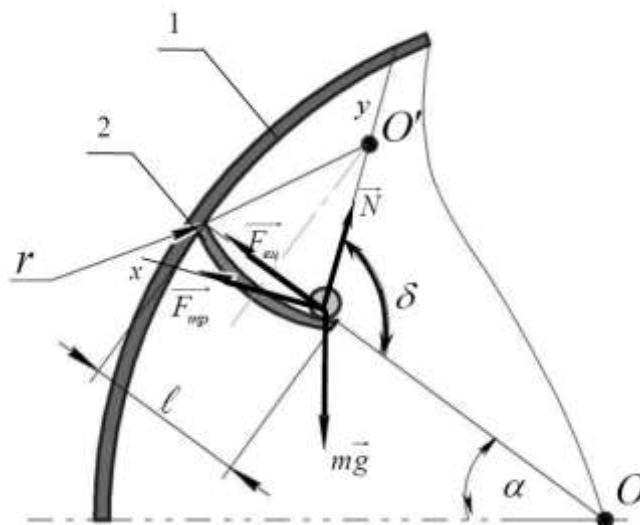


Рис. 3. Схема дії зовнішніх сил на частинку матеріалу з урахуванням геометричних параметрів лопатки барабана: 1 – корпус барабана; 2 – лопатка з частинкою; r – радіус заокруглення лопатки; l – висота лопатки/

Урахувавши динаміку взаємодії частинки і лопатки барабана, отримано аналітичний вираз для визначення залежності кута підйому частинки лопаткою барабана над його поперечною горизонталлю, при якому матеріал гарантовано надходить на напрямну полицку:

$$\alpha = \delta - 2 \operatorname{arccctg} \left(\frac{2 f_1}{1 - \frac{\omega^2 D_a^2}{2g} (\sin \delta + f_1 \cos \delta)} + 1 \right), \quad (4)$$

де α – кут підйому частинки матеріалу лопаткою барабана, рад; δ – кут між вектором нормальної реакції лопатки на частинку матеріалу і твірною кута α , рад; ω – кутова швидкість обертання барабана, рад/с; D_a – діаметр барабана, м; f_2 – коефіцієнт тертя між частинкою матеріалу і лопаткою барабана.

При подальшому розв'язку рівняння (4) обґрунтовано геометричні параметри лопаток барабана, що забезпечують піднімання матеріалу на задану висоту. Висота лопатки визначається із:

$$l = \sqrt{\frac{0,4 \pi \sin(\delta - \pi/2) D_a^2}{z [\cos(\delta - \pi/2) + \sin(\delta - \pi/2) \operatorname{tg}(\varphi - \alpha)/2]}}, \quad (5)$$

де φ – кут природного ухилу матеріалу, що змінюється в залежності від вологості матеріалу ($\varphi = 25^\circ \dots 45^\circ$). А раціональне значення радіуса заокруглення лопатки визначається залежністю:

$$r = \sqrt{\frac{0,1 \pi D_a^2}{z [\sin(\delta - \pi/2) \cos(\delta - \pi/2) + \sin^2(\delta - \pi/2) \operatorname{tg}(\varphi - \alpha)/2]}}. \quad (6)$$

Висновки

За результатами досліджень визначено, що застосування обладнання із періодичною дією енергії терморадіаційного походження на матеріал у сушарках барабанного типу, дає можливість для отримання продукції з високими якісними показниками при мінімальних приведених енерговитратах.

Внаслідок побудови взаємозв'язків вхідних та вихідних змінних нечіткої логічної системи технологічного процесу сушіння, з урахуванням вимог ресурсоощадності, енергоефективності та високих якісних показників матеріалу, обґрунтовано технологічні параметри, що забезпечують мінімізацію питомих енерговитрат процесу сушіння цикорію кореневого у сушарках барабанного типу з періодичною дією на матеріал електромагнітної енергії ІЧ-діапазону. Таким чином встановлено, що раціональна тривалість опромінювання подрібнених коренів цикорію при лінійних розмірах частинок $S = (10 \dots 15)$ мм має знаходитись у межах $t_{\text{опр}} = (30 \dots 50)$ с, тривалість відлежування – у межах $t_{\text{відл}} = (90 \dots 150)$ с; відстань між джерелом опромінювання і об'єктом сушіння – $h = (15 \dots 25)$ см.

На основі отриманих рівнянь динаміки руху, виходячи із умов забезпечення транспортування матеріалу на похилу напрямну полицку аналітично встановлено раціональні значення конструкційних параметрів лопаток при яких забезпечуються необхідні технологічні значення періоду відлежування матеріалу: радіус заокруглення $r=(0,35...0,4) м$; висота лопатки барабана $l=0,15 м$.

Список літератури

1. Бойко В.М. Роль інноваційної продукції для конкурентоспроможності підприємств / В.М. Бойко // Наукові праці Проблеми соціально-економічного розвитку регіонів в контексті сучасних процесів міжнародної інтеграції. – Харків: ХНТУ. – 2008. – С. 19–25.
2. Борщевський П. Актуальні проблеми розвитку харчової промисловості / П. Борщевський, А. Рибалко, Л. Дейненко // Економіка України. – 1996. – № 7. – С. 18–30.
3. Агропромисловий комплекс України: стан, тенденції та перспективи розвитку: Інформаційно-аналітичний збірник / за ред. П.П. Каблука. – К.: ІАЄ, 2000. – Вип. 4. – 601 с.
4. Енергозбереження – пріоритетний напрямок державної політики України / М.П. Ковалко, С.П. Денисюк ; відпов. ред. А.К. Шидловський. – К.: УЕЗ, 1998. – 506 с.
5. Нахмедов Ф.Г. Технология кофепродуктов / Ф.Г. Нахмедов. – М.: Лёгкая и пищевая промышленность, 1984. – 180 с.
6. Яценко А.А. Цикорий корнеплодный / А.А. Яценко, А.В. Корниенко, Т.П. Жужжалова. – Воронеж: ВНИИСС, 2002. – 135с.
7. Алтухов И.В. Анализ способов сушки пищевых продуктов / И.В. Алтухов, В.Д. Очиров // Вестник ИрГСХА. – 2009. – Вып. 36. – С. 16–21.
8. Гинзбург А.С. Основы теории и техники сушки пищевых продуктов / А.С. Гинзбург. – М.: Пищевая промышленность, 1973. – 528 с.
9. Бабкіна І.В. Удосконалення процесу теплової обробки харчових продуктів інфрачервоним випромінюванням : Автореф. дис. канд. техн. наук: 05.18.12 / І.В. Бабкіна ; Харк. держ. акад. технології та організації харчування. – Х., 2001. – 19 с.
10. Бурич О. Сушка плодов и овощей / О. Бурич, Ф. Берки ; пер. с венгерского. – М.: Пищевая промышленность, 1978. – 279 с.
11. Гинзбург А.С. Теплофизические характеристики пищевых продуктов : справочник / А.С. Гинзбург, М.А. Громов, Г.И. Красовская. – М.: Агропромиздат, 1990. – 287 с.
12. Гуляев В.Н. Технология пищевых концентратов / В.Н. Гуляев. – М.: Лёгкая и пищевая промышленность, 1981. – 207 с.
13. Дослідження комбінованого способу теплової обробки харчових продуктів / [О.І. Черевко та ін.] // Вестник национального технического университета "ХПИ". – Х.: НТУ"ХПИ", 2002. – С. 149–153.

Определена технология сушки цикория корневого с целью обеспечения максимального сохранения его качественных показателей при минимальных удельных энергозатратах

применяемого оборудования. В результате аналитических исследований установлено рациональные технологические параметры процесса сушки цикория корневого и конструкционные параметры сушилки, при которых обеспечиваются определенные технологические параметры.

Конструкционные параметры, сушка, технологические параметры, цикорий корневой, качественные показатели материала.

The author highlights the technology of drying root chicory with aim of ensuring the maximum conservation of its qualitative indices under minimal specific power consumption of equipment applied. The result of the analytical research conducted make it possible to determine rational technological parameters of root chicory drying process and construction parameters of drier under which specified technological parameters of drying process are provided.

Construction parameters, drying, technological parameters, root chicory, qualitative indices of material.

УДК 631.354:633.1

ФОРМАЛІЗАЦІЯ ДЕФОРМАЦІЇ І ТРАВМУВАННЯ ЗЕРНІВКИ, ПОВЕРХНЮ ЯКОЇ НАДАНО ЕЛІПСОЇДОМ ОБЕРТАННЯ

**Д.А. Дерев'янка, кандидат сільськогосподарських наук
Житомирський національний агроекологічний університет**

Наведено теоретичні розрахунки впливу різних факторів на деформацію і травмування насіння під час переміщення в насіннеочисних машинах.

Зернівка, деформація, травмування, еліпсоїд, диференціальні рівняння.

Постановка проблеми. Отримання високоякісного насіння з мінімальною кількістю травм та пошкоджень тісно пов'язане з науковим вивченням процесів, що відбуваються під час сепарування зернової суміші. А використовувані нині сортувальні та насіннеочисні машини за своїми виробничо-технічними характеристиками не завжди відповідають вимогам часу.

© Д.А. Дерев'янка, 2014

применяемого оборудования. В результате аналитических исследований установлено рациональные технологические параметры процесса сушки цикория корневого и конструкционные параметры сушилки, при которых обеспечиваются определенные технологические параметры.

Конструкционные параметры, сушка, технологические параметры, цикорий корневой, качественные показатели материала.

The author highlights the technology of drying root chicory with aim of ensuring the maximum conservation of its qualitative indices under minimal specific power consumption of equipment applied. The result of the analytical research conducted make it possible to determine rational technological parameters of root chicory drying process and construction parameters of drier under which specified technological parameters of drying process are provided.

Construction parameters, drying, technological parameters, root chicory, qualitative indices of material.

УДК 631.354:633.1

ФОРМАЛІЗАЦІЯ ДЕФОРМАЦІЇ І ТРАВМУВАННЯ ЗЕРНІВКИ, ПОВЕРХНЮ ЯКОЇ НАДАНО ЕЛІПСОЇДОМ ОБЕРТАННЯ

**Д.А. Дерев'янка, кандидат сільськогосподарських наук
Житомирський національний агроекологічний університет**

Наведено теоретичні розрахунки впливу різних факторів на деформацію і травмування насіння під час переміщення в насіннеочисних машинах.

Зернівка, деформація, травмування, еліпсоїд, диференціальні рівняння.

Постановка проблеми. Отримання високоякісного насіння з мінімальною кількістю травм та пошкоджень тісно пов'язане з науковим вивченням процесів, що відбуваються під час сепарування зернової суміші. А використовувані нині сортувальні та насіннеочисні машини за своїми виробничо-технічними характеристиками не завжди відповідають вимогам часу.

© Д.А. Дерев'янка, 2014

У зв'язку з складністю процесів сепарування їх наукові дослідження проводять також з використанням різних математичних та фізичних методів. Поряд із застосуванням диференціальних рівнянь будуємо динамічні моделі, стохастичні диференціальні рівняння, рівняння руху сипких матеріалів, що складаються з твердих частинок, а для описання процесу сегрегації та розподілення зернової суміші на фракції розглядають динаміку подвійного сипкого середовища.

Сучасні технології підготовки високоякісного насіння повинні відповідати специфічним вимогам щодо можливості виділення важко відокремлювального насіння бур'янів або інших культурних рослин із зернового вороху та мінімізації втрат, травмувань і пошкоджень, відокремлення високопродуктивного насіння та максимального його вирівнювання за багатьма ознаками. Загальновідомо, що не зовсім легко відбирається насіння овесу і ячменю з насіння пшениці, овесу і пшениці – з жита; частинок редьки дикої і пшениці – з гречки, насіння щавлю і бобових трав тощо.

Важко відокремлюваним насінням бур'янів і культурних рослин є таке, розміри і швидкості кружляння-обертання й витання якого співпадають або несуттєво відрізняються від швидкості кружляння-обертання й витання насіння основної культури.

Для дослідження ефективності фракційного розподілення зернового вороху і підготовки при цьому високоякісного насіння в процесі сепарування необхідні певні знання про особливості насіння як об'єкта сепарування.

Структурно-механічні властивості зернівки характеризують здатність протидіяти деформації та травмуванню в поєднанні із здатністю пружно та пластично деформуватися під впливом зовнішніх механічних навантажень, а залежно від їх характеру і величини дії на зернівку її лінійні розміри та форми змінюються, тобто виникають деформації.

Подолання пружної та пластичної деформації в зернівці під впливом зовнішніх сил призводить до її травмування та навіть повного пошкодження – руйнування, яке виникає з повною силою, що перевищує певну межу, яка називається межею міцності.

Здатність зернівки чинити опір механічному руйнуванню і буде тією міцністю, яка є результатом впливу сил зчеплення молекул, що є складовим зернівки. Одночасно травмуванню-руйнуванню перешкоджають внутрішні сили та структурний каркас зернівки, а через порушення зв'язків між молекулами настає деформація, травмування і порушується міцність зернівки, що сприяє її руйнуванню.

Впливаючи на мінімізацію негативного впливу деформації, травмування та руйнування зернівки, буде забезпечене максимальне досягнення її якісних показників, що безумовно впливає на зростання її продуктивних характеристик, тобто якісної урожайності.

Аналіз останніх досліджень. Результати досліджень показують, що якісні показники зерна та насіння значною мірою залежать від особливостей сорту, на які безумовно впливають ґрунтові та природно-кліматичні умови вирощування.

Ці фактори безперечно мають великий вплив на показники міцності зернівки, головними серед яких будуть температурний, водний і поживний режими, попередники, кількість та якість застосовуваних поживних речовин, систем захисту від бур'янів, шкідників та хвороб, технології вирощування, збирання, оброблення та інше.

Дослідження свідчать, що зусилля P та деформації ΔL травмування й руйнування зернівок при отриманні механічних навантажень на різних стадіях технологічних процесів у різних сортів озимої пшениці, жита та інших зернових культур також різні.

При вплив попередників на руйнування зернівок звернули увагу такі дослідники, як Е.І. Лінкович, К.Е. Толікадзе, А.В. Погребняк [8].

Відомо, що під час випадання опадів зернівки інтенсивно, особливо після жаркої погоди, поглинають вологу, внаслідок чого, як показують дослідження Г.А. Егорова [8] оболонка, зародок і ендосперм наповнюються водою, що призводить до підвищення внутрішньої напруги, а висихання, впливає на руйнівні процеси.

Вологість зернівки і температурний режим є одними із важливих факторів впливу на міцність зернівки, а значить на їх деформацію, травмування, руйнування.

Академік П.А. Ребендер [8] встановив, що рідина і наявні в ній біологічно-активні речовини просочуються в найтонші тріщини, внаслідок чого стінки тканин не можуть змикатися після зняття навантажень у зв'язку із наявністю прошарку тоненької плівки адсорбційного шару, який буде перешкоджати цьому.

Травмування зернівок, а потім їх руйнування відбувається коли максимальне напруження σ менше від напруження, яке виникло внаслідок дії механічних або інших впливів σ_1 . У зв'язку з цим, щоб таке пошкодження відбулася необхідна умова $\sigma \leq \sigma_1$.

У зв'язку із справедливістю положень лінійної механіки розвиток тріщин у довжину необхідно розвивати в напрямку збільшення в кожную сторону на половину довжини пластичної зони - $r_y = K_c^2 / 2\pi\sigma_{0.2}^2$, де $\sigma_{0.2}^2$ – умовна межа міцності, а K_c – граничний коефіцієнт інтенсивності напружень.

В результаті такого фіктивного збільшення довжини тріщини $L+r_y$ елементи пружного і пружнопластичного рішення співпадають в області пружності.

Використавши граничні коефіцієнти інтенсивності напружень згідно довжини пошкоджень відповідно до теорії пружності отримаємо синтез умов міцності, тобто при $L=0$ матимемо $\sigma_1 = \sigma_B$, таким чином при збільшенні L , σ_1 зменшуватиметься.

Якщо відстань між тріщинами становить більше $0,5(L_1+L_2)$, то тріщини незалежні одна від іншої і таким чином інтенсивність травмування та руйнування значно поширюється.

Відомо, що щільність зернівок залежить від дозрівання, тобто чим вони дозрілі, тим вона вища. В такому стані, якщо відокремлювати зернівки малої щільності, створюється можливість підвищити біологічну цінність насіннєвого матеріалу.

Ще на початку минулого століття дослідник W.E. Brencly [8] встановив, що головним показником біологічної повноцінності насіння є його індивідуальна маса, яка в абсолютних цифрах відображає запас поживних речовин.

Дослідженнями М.А. Абрамсона і Г.З. Зусмановича [8] на основі урожайних особливостей, характеристик по розмірах та особистої маси зернівок встановлено, що при виділені насіння фракції в якості головного признаку необхідно використовувати їх товщину.

Роботи Б.М. Черемхи говорять про те, що найкращі посівні якості та урожайні властивості має насіння, у якого оптимальні співвідношення лінійних розмірів зернівок в межах 1:0, 3:2, в цьому випадку прибавка урожаю порівняно з контролем в середньому за три роки становить 6,3 – 7,3 ц/га.

Результати досліджень фракціонування зернового вороху при використанні сортувальних решіт різних зернових машин показують їх вплив на травмування, розподілення та якість насіння, що відзначається у роботах А.П. Тарасенка, Б.І. Котова, В.І. Оробінського, М.Е. Мерчалової, В.В. Кузнєцова, Л.В. Фадєєва та інших [5, 6].

У створенні фундаменту наукових основ теорії взаємовпливу робочих поверхонь механізмів, зернових сумішей, та віброрешітного сепарування і фракціонування з метою пошуку оптимальних параметрів ощадливих режимів їх роботи висвітлено у працях П.В. Василенка, П.М. Заїки, В.П. Горячкіна, А.Н. Пугачова, О.П. Тарасенка, Л.М. Тіщенко, В.В. Кузнєцова та інших [1, 2, 4, 7, 9, 10, 11, 12].

Дослідження І.Г. Строни, О.П. Тарасенка, В.М. Дрінча, П.М. Пугачова, С.А. Чазова, В.І. Оробінського [4, 9] та інших свідчать, що травмування зернівок залежить від комплексу фізико-

механічних і біологічних властивостей насіння, а також від підбирання і кількості обладнання на якому проходить його підготовлення, при цьому необхідно зазначити, що кількість травмованих зернівок у насіннєвому матеріалі може сягати у деяких випадках 60–90% і навіть більше.

Дослідження Горшинського В.В., Знолін А.Н., Целіновського В.М. [9] та інших також показують потребу застосування фракційних технологій шляхом відокремлення із загальної маси зернового вороху частини високоякісного насіння при використанні високопродуктивних сепараторів та доведення його до високих посівних кондицій на інших машинах меншої продуктивності, що дало б можливість значно знизити травмування насіння.

Таким чином, проведений аналіз впливу деформації на травмування і руйнування зернівок та використання технологій обробітку вороху фракційним підготовленням високоякісного насіння показує, що головними факторами утворення систем і їх розвитку є глибоке і всебічне вивчення фізико-механічних та біологічних особливостей насіння та розроблення нових способів та модернізацію робочих елементів, що забезпечуватимуть мінімальну кількість травмування зернівок і максимальне отримання біологічно цінного високоякісного насіння.

Мета досліджень – виявити вплив травмування зернівок під час збирання та післязбиральної обробки зернового вороху і підготовлення насіння на якісні його показники, дослідити ефективність післязбиральної підготовки високоякісного насіння озимої пшениці та жита на різних стадіях технологічних процесів, у різних ґрунтово-кліматичних умовах.

Запропонувати шляхи зниження травмування насіння і пошкодження його мікроорганізмами як одного з головних резервів підвищення урожайності зернових культур.

Методи досліджень. Дослідження та теоретичні обґрунтування виконували методом математичного моделювання роботи машин і технологічних процесів. Поряд з цим використовувалися розрахункові диференціальні рівняння, перетворення та графічні визначення на основі використання законів механіки.

Експериментальні, лабораторні та виробничі дослідження виконувалися у виробничих умовах, державних лабораторіях, насіннєвих станціях, заготівельному комбінаті та учбових закладах із використанням натурних зразків, технічних засобів, приладів та знарядь згідно існуючих державних стандартних методів.

Результати досліджень. Для аналітичного дослідження переміщення зернівки її поверхню аналітично опишемо рівнянням еліпсоїда обертання:

$$\frac{\xi^2 + \eta^2}{h^2} + \frac{\zeta^2}{R^2} = 1, \quad (1)$$

де R, h ; ξ, η, ζ – відповідно радіус та висота еліпсоїдної частини зернівки, координати її поверхні.

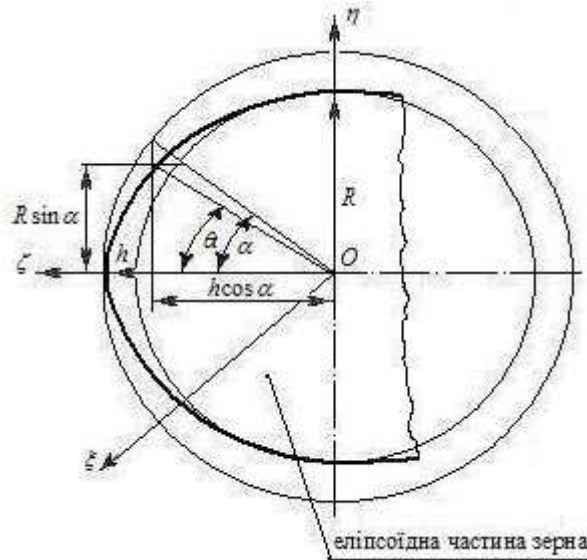


Рис. 1. Схема еліпсоїдної частини зернівки: R, h – радіус та товщина зерна.

За схемою (рис. 1) рівняння (1) представимо у параметричному вигляді:

$$\begin{aligned} \zeta &= h \cos \alpha; \\ \xi &= \eta = R \sin \alpha, \end{aligned} \quad (2)$$

де α і θ – параметри еліпсоїда обертання.

Оскільки параметри α і θ знаходяться в співвідношенні:

$$\frac{R}{h} = \frac{\operatorname{ctg} \theta}{\operatorname{ctg} \alpha} \quad (3)$$

то звівши рівняння (3) до квадрату маємо:

$$\frac{R^2}{h^2} = \frac{\operatorname{ctg}^2 \alpha}{\operatorname{ctg}^2 \theta}. \quad (4)$$

Оскільки $\operatorname{ctg} \theta = \frac{\cos \theta}{\sin \theta}$; $\sin^2 \alpha = 1 - \cos^2 \alpha$, то рівняння (4) набуває вигляду:

$$\frac{R^2}{h^2} = \frac{\cos^2 \theta}{\sin^2 \theta} \left(\frac{\cos^2 \alpha}{1 - \cos^2 \alpha} \right)^{-1} \quad (5)$$

Провівши певні перетворення, запишемо:

$$\frac{R^2 \cos^2 \alpha}{1 - \cos^2 \alpha} = h^2 \frac{\cos^2 \theta}{\sin^2 \theta}. \quad (6)$$

Остаточний розрахунок матиме вигляд:

$$\cos \alpha = \frac{h \cos \theta}{\sqrt{R^2 \sin^2 \theta + h^2 \cos^2 \theta}}. \quad (7)$$

Аналогічно знаходимо вираз для $\sin \alpha$:

$$\sin \alpha = \frac{R \sin \theta}{\sqrt{R^2 \sin^2 \theta + h^2 \cos^2 \theta}}. \quad (8)$$

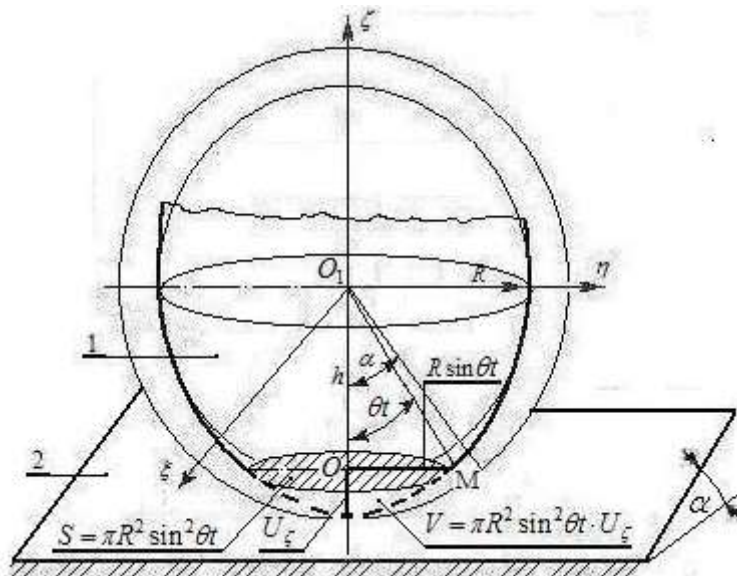


Рис. 2. Схема переміщень елементарного об'єму зернівки у площинах системи координат $O\xi\eta\zeta$.

Тоді рівняння площі кола деформації зернівки (рис. 2) набуває вигляду:

$$S = \pi R^4 \frac{\sin^2 \theta}{R^2 \sin^2 \theta + h^2 \cos^2 \theta}, \quad (9)$$

де $\pi = 3,14$ – відношення довжини кола деформації до його діаметру.

Використавши окремі рівняння та схему (рис. 2), об'єм зернівки, що деформується за напрямком осі $O_1\zeta$, формалізуємо співвідношенням:

$$V = \pi R^4 \frac{\sin^2 \theta U}{R^2 \sin^2 \theta + h^2 \cos^2 \theta}, \quad (10)$$

де V – об'єм зернівки, що деформується під дією земного тяжіння, м^3 , U – компонента деформації об'єму зернівки, м .

Після перетворень і спрощень швидкість деформації зернівки визначимо по формулі:

$$\dot{V} = \pi R^4 \frac{2\dot{\theta} \sin \theta \cos \theta [(R^2 \sin^2 \theta + h^2 \cos^2 \theta) - \sin^2 \theta (R^2 - h^2)] U + \sin^2 \theta (R^2 \times (R^2 \sin^2 \theta + h^2 \cos^2 \theta) \dot{U}}{(R^2 \sin^2 \theta + h^2 \cos^2 \theta)^2} \quad (11)$$

В результаті перетворень отримуємо:

$$\ddot{\theta} = (-D_2 - D_3 - \dot{U} D_4 + g) / D_1; \quad (12)$$

$$\ddot{U} = (-\ddot{\theta} D_1 - D_2 - D_3 + g) / D_4. \quad (13)$$

Для виключення вторинної похідної деформації $\ddot{U}$ із рівнянь створимо рівняння геометричного зв'язку. Для цього деформацію об'єму зернівок за зовнішньою дією робочого елемента машини виразимо через радіус R зернівки та кут θ деформації (рис. 2).

Після перетворень отримуємо:

$$\ddot{\theta} = [D_2 / D_1 - D_3 / D_1 - D_6 D_4 / D_1 + g / D_1] / (1 + D_5 D_4 / D_1); \quad (14)$$

$$\ddot{U} = (-\ddot{\theta} D_1 - D_2 - D_3 + g) / D_4. \quad (15)$$

Пружні та в'язкі властивості насіння, представлені першими та другими компонентами систем рівнянь (12, 13) та (14, 15), є змінними, що суттєво впливає на характер деформування-травмування зернівок. Для теоретичної зміни пружних та в'язких властивостей насіння необхідно надавати початкові значення параметру $\dot{\theta}$ розмірністю c^{-1} , який у рівняннях відображає параметр розсіювання зовнішньої дії.

Висновки

За результатами вищенаведеного аналізу обґрунтування та досліджень можна зробити такі висновки:

- компоненти швидкості нормальної і тангенціальної деформації та травмування насіння виражаються через компоненти швидкості переміщення точки дотику поверхні зернівок;
- сутність кінематичного зв'язку полягає в тому, що при взаємодії зернівок, робочого елемента машини та земного тяжіння, наданого системою рівнянь (10), компоненти їх швидкостей, а також прискорень, аналітично зрівнюються; при цьому зернівки деформуються і травмуються в залежності від співвідношення пружної та в'язкої частини та переміщуються за напрямком дії робочого елемента машини;
- деформація зернівок відбувається за моделлю пружно-в'язкого тіла Фойгта, аналітично модифікованого компонентами прискорень деформації радіального, тангенціального та коріолісового характеру;
- оскільки зернівки різноманітних сільськогосподарських культур різняться за конфігураціями, то компоненти прискорення руху для кожного конкретного випадку модифікуються.

Список літератури

1. *Василенко П.М.* Теория движения частицы по шероховатым поверхностям сельськохозяйственных машин / *П.М. Василенко*. – К.: УСХА, 1960. – 284 с.
2. *Безухов Н.И.* Основы теории упругости, пластичности и ползучести : учеб. пособие для втузов / *Н.И. Безухов*. – М.: Высшая школа, 1968. – 512 с.
3. *Беляев Н.М.* Сопротивление материалов / *Н.М. Беляев*. – М.: Наука, 1976. – 608 с.
4. *Дринча В.М.* Исследования сепарации семян и разработка машинных технологий их подготовки / *В.М. Дринча*. – Ворониж, 2006. – 382 с.
5. *Котов Б.І.* Тенденції розвитку конструкції машин та обладнання для очищення і сортування зерноматеріалів / *Б.І. Котов, С.П. Степаненко, М.Г. Пастушенко* / КВЕСГ машин. – Кіровоград: КДТУ. – 2003. – Вип. 33. – С. 53–59.
6. *Котов Б.І.* Теоретичне обґрунтування руху частинки зерна на вібропневморешеті при дії розпушуючих робочих органів / *Б.І. Котов, С.П. Степаненко, Р.А. Калініченко* // Науковий вісник НАУ. – К., 2007. – Вип. 115. – С. 112–117.
7. *Присяжнюк М.В.* Теорія вібраційних машин сільськогосподарського виробництва / [*М.В. Присяжнюк, В.В. Адамчук, В.М. Булгаков, О.М. Черниш, В.В. Яременко*]. – К.: Аграрна наука, 2013. – 439 с.
8. *Ишлинский А.Ю.* Пространственное деформирование не впоене упругих и вязко-пластических тел / *А.Ю. Ишлинский* // Известия АН СССР. От. техн. наук. – 1945. – №3. – С. 250–260.
9. *Тарасенко А.П.* Снижение травмирования семян при уборке и послеуборочной обработке / *А.П. Тарасенко*. – Ворониж, 2003. – 331 с.
10. *Тищенко Л.Н.* Виброрешетная сепарация смесей / *Л.Н. Тищенко, В.П. Ольшанский, С.В. Ольшанский*. – Х.: Міськдрук, 2011. – 280 с.
11. *Тимошенко С.П.* Курс теории упругости / *С.П. Тимошенко*. – К.: Наукова думка, 1972. – 501 с.
12. *Uhe J.* Pneumatik separation of grain and straw mixtures / *J.B. Uhe, B.J. Lamp*. Transaction of the ASAE. – 1966. – Vol. 9. – P. 244–246.

В статье исследуется возникновение деформации и травмирования зерновки описанием ее поверхности уравнением эллипсоида обращения.

Зерновка, деформация, травмирование, эллипсоид, дифференциальное уравнение.

The substantiation and theoretical calculations of effects of different factors on seed deformation and damage in process of movement are given in paper.

Weavil, deformation, damage, ellipsoid, differential equation.

СТОХАСТИЧНІСТЬ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН

І.Л. Роговський, кандидат технічних наук

В статті розкрито методичний підхід до опису стохастичності забезпечення працездатності сільськогосподарських машин.

Працездатність, машина, стохастичність.

Постановка проблеми. Виробничий процес технічного обслуговування сільськогосподарських машин є стохастичним процесом, так як тривалість і сам факт необхідності виконання робіт носять випадковий характер. Дискретність робіт з технічного обслуговування, істотна різниця в трудоемкості їх виконання, відсутність чіткої технологічної залежності між роботами і економічна доцільність обмеження кількості виконавців (ресурсів) обумовлюють застосування методів мереженого планування і керування при побудові і оптимізації технологічного процесу технічного обслуговування машин.

Аналіз останніх досліджень. Метода мереженого планування і керування є один з розділів теорії графів. Він отримав широкого застосування в промисловості як у нас в країні так і за кордоном, чому сприяли дослідження вчених Голенка Д.І., Разуміхіна Б.С., Бека Н.І., Келлі, Кларка, Леві.

Аналіз методів мереженого планування і керування дозволяє констатувати, що коректну побудову технологічного процесу технічного обслуговування машини можна реалізувати, якщо будуть враховані умови проведення робіт [1], засобів механізації [2], кількості виконавців [3], ймовірність тривалості і необхідності виконання робіт [4], узгодженість дій виконавців і послідовності виконання робіт, кількості виконавців і розподіл між ними робіт з врахуванням їх кваліфікації і значимості виконуваних робіт [5].

Мета досліджень. Теоретичні передумови оптимізації послідовності виконання робіт з технічного обслуговування при обмежених ресурсах.

Результати досліджень. Важливою характеристикою виробничого процесу технічного обслуговування необхідно вважати тривалість технічного обслуговування t_{TO} , яка залежить від ряду факторів, які можна об'єднати в три групи: трудоемкість ТО; кількість виконавців; послідовність виконання робіт.

© І.Л. Роговський, 2014

В загальному випадку в силу ймовірнісного характеру повною характеристикою тривалості ТО є закон розподілу:

$$F(t) = P[t_{TO} < t],$$

де $P[t_{TO} < t]$ – ймовірність того, що тривалість ТО не перевищує деяку величину t і $t_{TO} \geq 0$.

Кожне номерне технічне обслуговування має перелік (кількість) робіт, складність і кількість яких зростає від номеру до номеру ТО.

Так як перелік робіт ТО включає в себе роботи, які виконуються при необхідності і враховуються коефіцієнтом повторності k , тоді:

$$\left. \begin{aligned} N_{\phi} &= N_p + k \cdot N_u, \quad 0 \leq k \leq 1, \\ \text{при } k &= 1 \quad N_{\phi} = N \end{aligned} \right\},$$

де N – кількість робіт;

ϕ , p , u – індекси, якими позначено виконані роботи, відповідно: фактичні, регламентні і при необхідності.

Директивна тривалість ТО t_{TO}^{∂} визначається за виразом:

$$t_{TO}^{\partial} = \frac{T_{TO}}{z},$$

де T_{TO} – трудоемкість ТО; z – кількість виконавців.

Директивна тривалість не враховує збільшення тривалості ТО з причини неузгодженості дій виконавців і необхідності виконання робіт в визначеній послідовності, тобто, $t_{TO}^{\partial} \leq t_{TO}$, тоді відношення

$\frac{t_{TO}^{\partial}}{t_{TO}} = k_{on}$ буде представляти оптимальний технологічний процес ТО ($k_{on} \leq 1$). Необхідність дотримання вимог техніки безпеки, зручності і високої якості ТО обумовлює виконання робіт ТО в визначеній послідовності, що дозволяє:

- Забезпечити максимальне завантаження і продуктивність як виконавців, так і засобів механізації;
- Скоротити простої машини, яка підлягає ТО, виконавців і засобів механізації.
- Чітко узгодити дії виконавців.
- Виключити нераціональне використання засобів ТО.

В результаті аналізу робіт, які водять до технологічного процесу ТО, були виявлені такі обмежені, які характеризують взаємозалежність цих робіт:

- обмеження, які накладаються необхідністю дотримання вимог техніки безпеки;
- обмеження, які враховують якість і зручність виробництва робіт;

○ обмеження, які визначені рівнозначністю моменту початку виробництва робіт.

З врахуванням вищезазначених обмежень були встановлені такі між операційні залежності робіт з ТО:

○ Стержневі роботи, черговість виконання яких очевидна і утворює неперервну послідовність з моменту початку виробничого процесу;

○ Роботи з повним жорстким зв'язком, які виключають можливості одночасного (паралельного) виробництва яких-небудь інших робіт на тракторі;

○ Роботи з жорстким зв'язком, момент початку виробництва яких виключає можливість виконання других робіт на даному вузлі або в даному місці.

○ Роботи з вільним зв'язком, хід виконання яких не обмежує можливості виробництва других робіт;

○ Роботи з частковим вільним зв'язком, в процесі виконання яких може створюватись короточасні незручності або призупинення виробництва других робіт;

○ Роботи з по елементним зв'язком, які включають в себе елемент "очікування" і можуть бути виконані в будь-який момент після "очікування".

○ Наявність між операційних залежностей обумовлює паралельне або послідовне виконання робіт.

Приймаючи до уваги вищезазначене, тривалість технічного обслуговування варто визначати за виразом:

$$t_{TO} = \max \sum_{i=1}^i \frac{t_i}{z_i} + \sum_{j=1}^j \frac{t_j}{z_j}. \quad (1)$$

З врахуванням коефіцієнту повторності k і ймовірності P тривалість виконання роботи формули (1) приймає вид:

$$t_{TO} = \max \sum_{i=1}^i \left(\frac{t_{pi}}{z_{pi}} + k_i \cdot P_i \cdot \frac{t_{ui}}{z_{ui}} \right) + \sum_{j=1}^j \left(\frac{t_{pj}}{z_{pj}} + k_j \cdot P_j \cdot \frac{t_{uj}}{z_{uj}} \right),$$

де i, j – індекси, якими позначені виконувані роботи, відповідно, послідовним і паралельним способами.

При розподілу робіт між виконавцями при ТО можливі такі варіанти: вузлове ТО; ТО за признаками (характером) виконуваних робіт; за зонами розташування точок ТО; змішане розташування робіт. При виборі організаційної схеми ТО необхідно врахувати кваліфікацію виконавців, значимість виконуваної роботи і задовольнити умови:

$$\sum_1^z t_{np} \rightarrow 0; \quad t_3^1 = t_3^2 = \dots = t_3^z \},$$

$$t_{TO} \rightarrow t_{TO}^0$$

де t_{np} , t_3 – відповідно, тривалість простою і зайнятості виконавців.

На основі аналізу складності робіт встановлено, що значимість робіт з ТО-1 і ТО-2 визначається в балах, виходячи з важливості ТО вузлів (табл. 1).

1. Оцінка значимості робіт з ТО-1 і ТО-2.

Агрегати, системи і вузли	Бали агрегатів, систем і вузлів $B_{з.р.}$	Вид робіт ТО				
		мийно-очисні	перевірочно-оглядові	заправні	мастильні	контрольно-регулювальні
		Бали за видами робіт $B_{х.р.}$				
Двигун, система електрообладнання	5	6	7	8	9	10
Трансмісія і її гідравлічна система	4	5	6	7	8	9
Ходова система	3	4	5	6	7	8
Гідравлічна система і навісний пристрій	2	3	4	5	6	7
Пусковий двигун, радіатор, паливні баки та інше	1	2	3	4	5	6

Оціночний бал роботи B_p визначається за виразом:

$$B_p = B_{х.р.} + B_{з.р.}$$

Роботи за виконавцями закріплюються таким чином:

- для майстра $2 \leq B \leq 10$;
- для помічника майстра $2 \leq B \leq 7$;
- для тракториста $2 \leq B \leq 6$.

В останні роки широко розповсюдилось рішення задач оптимізації мережених моделей з використанням метода статистичного випробування і методу випадкового пошуку, які володіють такими перевагами.

По-перше, аналізуємо обмежене підмножинність варіантів вибирається випадковим чином і дозволяє зробити більш рівномірний вибір.

По-друге, з зростанням числа розглядаємих варіантів зростає ймовірність отримання оптимального рішення задач.

По-третє, ймовірнісний характер перебору варіантів дозволяє

статистично оцінити міру відхилення найкращого з проаналізованих рішень від оптимального.

Об'єм обчислення зростає із збільшенням кількості робіт в мережній моделі, що може бути віднесено до недоліків цього методу. Враховуючи також, що деяким роботам притаманні ймовірнісний характер не тільки за тривалістю, але й в силу самого факту їх виконання, пропонується алгоритм поетапної оптимізації послідовності виконання робіт. Ідея алгоритму, заключається на тому, що в першопочаковий момент методом мереженої моделі, потім методом статистичний випробувань враховується ймовірний характер тривалості робіт; на третьому етапі проводиться оптимізація часу виконання робіт з врахуванням обмежень, які накладаються ресурсними зв'язками. Такий підхід до рішення поставленої задачі дозволяє зменшити кількість машинного часу при реалізації програми на ПК.

Використовуючи відомі розробки Голенка Д.І. і Разуміхіна Б.С. можна таким чином в загальному виді математично сформулювати задачу оптимізації процесу ТО.

Технологічний процес технічного обслуговування, який представлений в вигляді графіка, складається з $(n+1)$ подій $e, e_1, \dots, e_n$ і робіт $q_{ij} (i < j)$. Величин $z_{ij}(t)$ характеризує кількість виконавців, які приймають участь в виконанні роботи q_{ij} в момент t . Кожній роботі q_{ij} відповідає кількість ресурсного часу Q_{ij} , яке необхідне для виконання даної роботи:

$$Q_{ij} = \int_{t_i}^{t_j} z_{ij}(t) dt,$$

де t_i, t_j – моменти часу початку і кінця роботи q_{ij} , які співпадають з моментом часу надходження подій e_i і e_j .

Для виконання комплексу робіт N наявна деяка кількість ресурсів M , яке може забезпечити виконання будь-якої з робіт q_{ij} :

$$N = N_1 + N_2 + \dots + N_k; \quad M = M_1 + M_2 + \dots + M_k. \quad (2)$$

Під множинність робіт $q_{ij} \in N_s$ складається з робіт, які можуть бути виконані ресурсами, які відповідають підмножинності M_s . Тоді функція $z_{ij}^{(s)}(t)$, яка задовольняє умові $\int_{t_i}^{t_j} z_{ij}^{(s)}(t) dt = Q_{ij}^{(s)}$ є функцією розподілу ресурсів з під множинності M_s в інтервалі часу (t_i, t_j) тривалості робіт $q_{ij} \in N_s$.

Таким чином, функція яка розглядається $z_{ij}^{(s)}(t)$ задовольняє,

крім умови (2), умовам:

$$\begin{aligned} &\equiv 0 \quad \text{при} \quad t \leq t_i \\ z_{ij}^{(s)}(t) &= \begin{cases} \geq 0 & \text{при} \quad t_i \leq t \leq t_j \\ \equiv 0 & \text{при} \quad t > t_j \end{cases} \end{aligned}$$

Кількість ресурсів під множинності M_s , які використовуються в момент часу t , виражається функцією:

$$z^{(s)}(t) = \sum_{q_{ij} \in N_s} z_{ij}^{(s)}(t).$$

Перерозподілення виконавців між роботами $q_{ij} \in N_s$ відбувається в момент часу $t_0, t_1, \dots, t_{n-1}, t_n$ настання події $e_0, e_1, \dots, e_{n-1}, e_n$.

Отже, можна припустити:

$$z_{ij}^{(s)}(t) = z_{ij}^{(s)}(t_k + 0) = z_{ij}^{(s)}(t_{k+1} - 0) \quad \text{при} \quad t_k < t < t_{k+1} \quad (k = 0, 1, \dots, n-1).$$

При цьому умова приймає вид:

$$\sum_{k=1}^{j-1} (t_{k+1} - t_k) z_{ij}^{(s)}(t_k + 0) = Q_{ij}^{(s)}. \quad (3)$$

Задача про оптимальний розподіл ресурсів зводиться до визначення функції $z_{ij}^{(s)}(t)$, яка задовольняє умовам (3), тобто до визначення функції, для якої досягається мінімум функціонал:

$$I^{(s)} = \int_{t_0}^{t_n} (z^{(s)}(t) - L_s)^2 dt.$$

В якості постійної L_s прийнято:

$$L_s = \frac{1}{t_n - t_0} \int_{t_0}^{t_n} z^{(s)}(t) dt = \frac{\sum_{q \in N_s} Q_{ij}^{(s)}}{t_n - t_0}.$$

Висновок

До основних недоліків необхідно віднести наступне.

Відсутність науково обґрунтованої методики побудови технологічного процесу технічного обслуговування і методу визначення раціональної кількості виконавців і розподілу робіт між ними узгодження їх кваліфікації і значимості виконуваних робіт.

Емпірична формула розрахунку тривалості обслуговування не враховує вплив узгодженості дій виконавців і послідовності виконання робіт з технічним обслуговуванням.

Список літератури

1. *Роговський І.Л.* Методологія оцінення технології технічного обслуговування сільськогосподарських машин / *І.Л. Роговський* // Науковий вісник

Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – К., 2012. – Вип. 170, ч. 2. – С. 368–375.

2. *Роговський І.Л.* Технологічний підхід до технічного обслуговування сільськогосподарських машин / *І.Л. Роговський* // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – Харків: ХНТУСГ, 2013. – Вип. 134. – С. 276–281.

3. *Роговський І.Л.* Методологія технічного обслуговування сільськогосподарських машин / *І.Л. Роговський, О.В. Дубровіна* // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – К., 2013. – Вип. 185, ч. 2. – С. 372–379.

4. *Rogovskii Ivan.* Стохастические модели обеспечения работоспособности сельскохозяйственных машин / *Ivan Rogovskii* // *Motrol : Motorization and power industry in agriculture.* – 2014. – Том 16, №3. – Р. 296–302.

5. *Роговський І.Л.* Аналітична модель режимів технічних обслуговувань сільськогосподарських машин / *І.Л. Роговський* // Збірник тез доповідей VI Міжнародної наукової конференції «Екобіотехнології та біопалива в АПК – Energia 2012» (27 вересня – 03 жовтня 2012 року). – К., 2012. – С. 144–146.

В статье раскрыто методический подход к описанию стохастичности обеспечения работоспособности сельскохозяйственных машин.

Работоспособность, машина, стохастичность.

In paper the methodical approach to description of stochastic ensure efficiency of agricultural machinery.

Efficiency, machine, stochastics.

УДК 630.171.075.3

КОЕФІЦІЄНТ ГОТОВНОСТІ ЛІСОВИХ МЕЗ

Л.Л. Тімова, аспірантка*

В статті представлено результати щодо методичних положень опису математичної моделі забезпечення коефіцієнта готовності лісових МЕЗ.

Засіб, коефіцієнт готовності, лісовий МЕЗ.

Постановка проблеми. Оскільки лісова техніка характеризується низькими показниками надійності, а зарубіжні аналоги недоступні через високу вартість для лісгосподарських

*Науковий керівник – кандидат технічних наук І.Л. Роговський

© Л.Л. Тімова, 2014

Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – К., 2012. – Вип. 170, ч. 2. – С. 368–375.

2. *Роговський І.Л.* Технологічний підхід до технічного обслуговування сільськогосподарських машин / *І.Л. Роговський* // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – Харків: ХНТУСГ, 2013. – Вип. 134. – С. 276–281.

3. *Роговський І.Л.* Методологія технічного обслуговування сільськогосподарських машин / *І.Л. Роговський, О.В. Дубровіна* // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – К., 2013. – Вип. 185, ч. 2. – С. 372–379.

4. *Rogovskii Ivan.* Стохастические модели обеспечения работоспособности сельскохозяйственных машин / *Ivan Rogovskii* // *Motrol : Motorization and power industry in agriculture.* – 2014. – Том 16, №3. – Р. 296–302.

5. *Роговський І.Л.* Аналітична модель режимів технічних обслуговувань сільськогосподарських машин / *І.Л. Роговський* // Збірник тез доповідей VI Міжнародної наукової конференції «Екобіотехнології та біопалива в АПК – Energia 2012» (27 вересня – 03 жовтня 2012 року). – К., 2012. – С. 144–146.

В статье раскрыто методический подход к описанию стохастичности обеспечения работоспособности сельскохозяйственных машин.

Работоспособность, машина, стохастичность.

In paper the methodical approach to description of stochastic ensure efficiency of agricultural machinery.

Efficiency, machine, stochastics.

УДК 630.171.075.3

КОЕФІЦІЄНТ ГОТОВНОСТІ ЛІСОВИХ МЕЗ

Л.Л. Тімова, аспірантка*

В статті представлено результати щодо методичних положень опису математичної моделі забезпечення коефіцієнта готовності лісових МЕЗ.

Засіб, коефіцієнт готовності, лісовий МЕЗ.

Постановка проблеми. Оскільки лісова техніка характеризується низькими показниками надійності, а зарубіжні аналоги недоступні через високу вартість для лісгосподарських

*Науковий керівник – кандидат технічних наук І.Л. Роговський

© Л.Л. Тімова, 2014

товаровиробників, селяни змушені експлуатувати зношену техніку. Рівень спрацьованості досягнув 65-80 %.

Аналіз останніх досліджень. Близько 80 відсотків наявних в Україні лісових МЕЗ відпрацювали амортизаційний термін [1] і підлягають списанню [2], але продовжують використовуватись [3]. Поступове падіння надійності такої техніки негативно впливає на стоках проведення лісозаготівельних робіт і веде до зростання витрат [4].

Мета досліджень. З метою встановлення можливостей подальшого їх використання були проведені дослідження відмов та несправностей лісових МЕЗ як таких, що відпрацювали амортизаційний термін, в умовах реальної експлуатації. В результаті чого було встановлено характер і основні причини виникнення відмов, визначено основні показники надійності. Але необхідно виконати оцінку показників надійності із встановленням законів їх розподілу.

Результати досліджень. В даній роботі було поставлено завдання виконати оцінку надійності лісових МЕЗ, що відпрацювали амортизаційний термін, за комплексним показником (коефіцієнтом готовності) двома шляхами: аналітично і шляхом обробітку статистичних даних.

Розглянемо оцінку коефіцієнта готовності за допомогою табульованих функцій розподілу через коефіцієнт простою, який визначається як:

$$K_{\Pi} = 1 - K_{\Gamma} = \frac{T_{\epsilon}}{T_o + T_{\epsilon}}, \quad (1)$$

де T_o , T_{ϵ} – відповідно середня тривалість безвідмовної роботи і середня тривалість відновлення працездатності.

Припустимо, що $T_{\epsilon} < T_o$ (є поширеним на практиці), тоді в якості наближеного значення коефіцієнта простою можна прийняти: $K_{\Pi} \approx T_{\epsilon}/T_o$.

В якості оцінки коефіцієнта простою приймемо величину:

$$\hat{K}_{\Pi} = \frac{\hat{T}_{\epsilon}}{\hat{T}_o} = \varphi \frac{T_{\epsilon}}{T_o} = \frac{\nu/(2n)}{\tau/(2r)} \cdot \frac{T_{\epsilon}}{T_o}, \quad (2)$$

де $\hat{T}_o$ і $\hat{T}_{\epsilon}$ – оцінки максимальної правдоподібності в припущенні, що інтервали безвідмовної роботи і відновлення мають експоненціальний розподіл з параметрами $\lambda=1/T_o$ і $\mu=1/T_{\epsilon}$ відповідно.

ν і τ – безрозмірні випадкові величини, які підпорядковані стандартному χ^2 -розподілу із $2r$ і $2n$ степенями вільності відповідно:

$$v = 2n\hat{T}_g / T_g,$$

$$\tau = 2r\hat{T}_o / T_o.$$

В даному випадку (при незалежних v і τ) випадкова величина φ у виразі (2) підпорядкована F -розподілу Фішера з $2n$, $2r$ степенями вільності. Властивості даного розподілу і таблиці його процентних точок наведені в [4]. Зокрема, середнє значення:

$$M(\varphi) = 2r / (2r - 2) = 1 / (1 - 1/r),$$

а дисперсія при $n \gg 1$, $r \gg 1$ $D(\varphi) \approx 1/n + 1/r$, тому $M(\hat{K}_{II}) = K_{II} / (1 - 1/r)$, тобто оцінка (2) зміщена, але зміщення падає як $1/r$. Дисперсія даної оцінки при $n \gg 1$, $r \gg 1$ $D(\hat{K}_{II}) \approx K_{II}^2 (1/n + 1/r)$.

Використовуючи таблиці $\varphi_\alpha(m_1, m_2)$ процентних точок даного F -розподілу, можна визначити довірчі інтервали (односторонній і двосторонній) для коефіцієнта простою, а відповідно і для коефіцієнта готовності. При коефіцієнті довіри α маємо:

$$\varphi \geq \varphi_\alpha(2n; 2r), \quad \text{або} \quad \frac{\varphi_{1-\alpha}}{2}(2n; 2r) \leq \varphi \leq \frac{\varphi_{1+\alpha}}{2}(2n; 2r),$$

звідки отримуємо односторонній і двосторонній довірчі інтервали коефіцієнта простою:

$$K_{II} \geq \frac{\hat{K}_{II}}{\varphi_\alpha(2n; 2r)}, \quad \frac{\hat{K}_{II}}{\frac{\varphi_{1-\alpha}}{2}(2n; 2r)} \leq K_{II} \leq \frac{\hat{K}_{II}}{\frac{\varphi_{1+\alpha}}{2}(2n; 2r)}.$$

Тоді двосторонні довірчі межі для коефіцієнта готовності K_I :

$$\frac{\hat{K}_{II}}{\frac{\varphi_{1-\alpha}}{2}(2n; 2r)} \geq K_I \geq \frac{\hat{K}_{II}}{\frac{\varphi_{1+\alpha}}{2}(2n; 2r)}. \quad (3)$$

Коефіцієнт готовності лісового МЕЗ за результатами отриманих експериментальних даних можна визначити так:

$$K_I = \frac{t_p}{t_p + t_g}. \quad (4)$$

де t_p , t_g – сумарний час відповідно роботи лісового МЕЗ і відновлення всіх його складових частин;

В зв'язку з тим, що відмова будь-якого агрегату чи системи лісового МЕЗ (двигуна, ходова, паливна система та ін.) призводить до відмови всього МЕЗ, то розглядатимемо його як систему послідовно з'єднаних елементів. При послідовному з'єднанні маємо:

$$t_p = \sum_{j=1}^m t_{p_j}, \quad t_g = \sum_{j=1}^m t_{g_j}, \quad (5)$$

де m – загальна кількість агрегатів і систем, з яких складається МЕЗ.

Але, в свою чергу, кожний складова частина МЕЗ також характеризується своїм коефіцієнтом готовності:

$$K_{\Gamma_j} = \frac{t_{p_j}}{t_{p_j} + t_{e_j}}. \quad (6)$$

Із виразу (6) з урахуванням (5) визначимо:

$$t_e = \sum_{j=1}^m \frac{t_{p_j} (1 - K_{\Gamma_j})}{K_{\Gamma_j}} = t_p \sum_{j=1}^m \frac{1 - K_{\Gamma_j}}{K_{\Gamma_j}}. \quad (7)$$

Підставивши отриманий вираз (7) у вираз (4) і зробивши деякі перетворення, отримаємо залежність коефіцієнта готовності лісового МЕЗ від коефіцієнтів готовності його агрегатів і систем як послідовно з'єднаних елементів:

$$K_{\Gamma} = \left[\sum_{j=1}^m \frac{1}{K_{\Gamma_j}} - (m-1) \right]^{-1}. \quad (8)$$

В результаті проведених експериментальних досліджень було отримано ряд ($n=48$) значень коефіцієнта готовності лісових МЕЗ. Обробіток статистичних даних виконуємо з використанням персонального комп'ютера в середовищі "Excel". Результати вирівнювання емпіричного розподілу цих значень за нормальним законом приведені в табл. 1 та рис. 1. Статистичні оцінки даного розподілу: середнє значення коефіцієнта готовності

$$\bar{K}_{\Gamma} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n K_{\Gamma_i} = 0,57; \quad \text{середньоквадратичне відхилення}$$

$$\sigma_{K_{\Gamma}} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (K_{\Gamma_i} - \bar{K}_{\Gamma})^2} = 0,16. \quad \text{Тоді функція щільності розподілу}$$

матиме наступний вигляд:

$$f(K_{\Gamma_i}) = \frac{1}{\sigma_{K_{\Gamma}} \sqrt{2\pi}} \exp \left(-\frac{(K_{\Gamma_i} - \bar{K}_{\Gamma})^2}{2\sigma_{K_{\Gamma}}^2} \right) = 2,49 \exp \left[-19,53 (K_{\Gamma_i} - 0,57)^2 \right].$$

Визначаємо ймовірність кожного інтервалу, припустивши, що всі значення інтервалу зосереджені в його середині, та значення теоретичних частот кривої, вирівняної за нормальним законом за формулами:

$$P(K_{\Gamma_i}) = \Delta K_{\Gamma} \cdot f(K_{\Gamma_i}), \quad n'_i = n \cdot P(K_{\Gamma_i}),$$

де ΔK_{Γ} – ширина інтервалу.

Перевірка згоди емпіричного і теоретичного законів розподілу за критерієм Пірсона χ^2 показала, що із ймовірністю не менше 60 % нормальний закон розподілу можна використовувати в якості математичної моделі розподілу коефіцієнта технічної готовності лісових МЕЗ, що відпрацювали амортизаційний термін.

1. Оцінка виду функції $f(K_{Гі})$ лісових МЕЗ.

Межі інтервалів	Середина $K_{Гі}$	Емпірична частота n_i	Щільність розподілу $f(K_{Гі})$	Ймовірність інтервалу $P(K_{Гі})$	Теоретична частота n'_i	$\frac{(n_i - n'_i)^2}{n'_i}$
0,30...0,42	0,36	6	1,052	0,126	2,0	0
0,42...0,54	0,48	18	2,126	0,255	4,1	0,88
0,54...0,66	0,60	12	2,447	0,294	4,7	0,10
0,66...0,78	0,72	6	1,605	0,193	3,1	0,39
0,78...0,90	0,84	6	0,600	0,072	1,2	0,53

Точкові оцінки можна з достатньою впевненістю використовувати лише при великих об'ємах спостережень. Чим менший об'єм вибірки, тим легше допустити помилку. Тому, важливо не лише отримати середнє значення, але й визначити, на скільки ця оцінка близька до істинного значення, тобто необхідно оцінити величину помилки за допомогою інтервалу значень.

Для нормального закону розподілу для розрахунку довірчих меж середнього значення коефіцієнта готовності справедливі наступні вирази: нижня довірна межа $K_{Г}^{\text{н}} = \bar{K}_{Г} - t_{\alpha} \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$; верхня

довірна межа $K_{Г}^{\text{в}} = \bar{K}_{Г} + t_{\alpha} \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$, де t_{α} – параметр розподілу Стюдента.

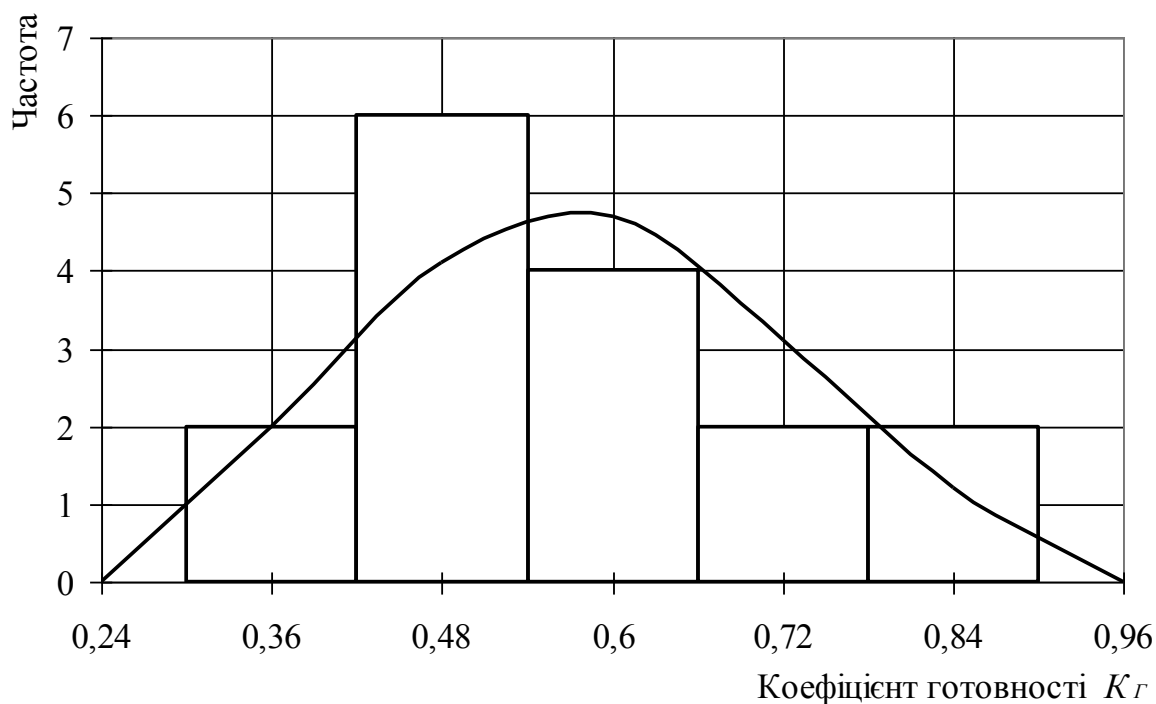


Рис. 1. Гістограма та теоретична крива розподілу коефіцієнта готовності $K_{Г}$ лісового МЕЗ.

Ефективність викладених підходів до оцінки коефіцієнта готовності і його довірчих меж лісового МЕЗ ілюструють дані табл. 2. Наведені в таблиці значення оцінки і двостороннього інтервалу коефіцієнта готовності МЕЗ, що відпрацювали амортизаційний термін, були визначені паралельно двома способами – шляхом обробітку статистичного ряду розподілу K_{Γ} і побічно за наведеними аналітичними виразами.

2. Зведені дані оцінки коефіцієнта готовності лісового МЕЗ.

Параметр	Метод розрахунку	
	статистичний	аналітичний
Величина вибірки n	16	16
Оцінка значення коефіцієнта K_{Γ}	0,57	0,54
Середньоквадратичне відхилення σ	0,16	—
Довірча ймовірність α	0,90	0,90
Довірчі межі коефіцієнта готовності $K_{\Gamma}^H \dots K_{\Gamma}^{\varepsilon}$	0,50...0,64	0,24...0,78

Оцінку випадковості розбіжності між теоретичними і експериментальними параметрами розподілу виконаємо за критерієм t Стюдента згідно:

$$t = \frac{|M(\hat{K}_{\Gamma}) - \bar{K}_{\Gamma}| \sqrt{n}}{\sigma} = \frac{|0,54 - 0,57| \sqrt{16}}{0,16} = 0,75.$$

Для $t=0,75$ і $\kappa=n-1=15$ за таблицею знаходимо $S(t)=0,767$. Ймовірність того, що розбіжність випадкова, рівна $1-S(t)=0,233>0,05$.

Висновки

Розбіжність між теоретичними і експериментальними параметрами розподілу несуттєва, тобто випадкова, і тому теоретичне значення оцінки коефіцієнта готовності підтверджується експериментом.

В якості математичної моделі розподілу коефіцієнта готовності лісового МЕЗ, що відпрацювали амортизаційний термін, із ймовірністю $P(\chi^2)=0,60$ можна використовувати нормальний закон розподілу з параметрами $\bar{K}_{\Gamma}=0,57$ і $\sigma_{K_{\Gamma}}=0,16$. Середнє значення коефіцієнта готовності даних машин із ймовірністю 90 % лежить в межах 0,50...0,64.

Підтверджена можливість аналітичної оцінки довірчих меж коефіцієнта готовності (простою) лісових МЕЗ на основі F -розподілу.

Список літератури

1. Тітова Л.Л. Методи технічного обслуговування лісових машин / Л.Л. Тітова, І.Л. Роговський // Вісник Харківського національного технічного університету

сільського господарства імені Петра Василенка. – Х.: ХНТУСГ, 2014. – Вип. 155. – С. 132–137.

2. Система технічного обслуговування обладнання лісового комплексу. Звіт про НДР (заключний) / Національний університет біоресурсів і природокористування України. – № держ. реєстр. 0107U012058. № держ. обл. 0209U002599. – К., 2008. – 119 с.

3. *Роговський І.Л.* Класифікація технологічних процесів техсервісу обладнання лісового комплексу / *І.Л. Роговський* // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. – Х.: ХНТУСГ, 2009. – Вип. 76. – Т. 1. – С. 136–142.

4. *Плешков А.С.* Концептуальность решений техсервисных задач в лесном хозяйстве / *А.С. Плешков*. – Санкт-Петербург: Гладь, 2010. – 240 с.

В статье представлены результаты по методическим положений описания математической модели обеспечения коэффициента готовности лесных МЭС.

Средство, коэффициент готовности, лесной МЭС.

The paper presents results on methodological regulations describing mathematical models of availability of forest MEM.

Means, availability, forest MEM.

УДК 631.331.5

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ЗАСТОСУВАННЯ ВДОСКОНАЛЕНИХ МЕХАНІЗМІВ ПРИВОДУ ВИСІВНИХ АПАРАТІВ ПОСІВНИХ МАШИН

Н.В. Матухно, здобувач*

В статті описано аналітичні підходи та описані передумови вдосконалення механізмів приводу висівних апаратів посівних машин.

Апарат, висів, машина, привод.

Постановка проблеми. Високі ціни на сучасні посівні машини вимагають шукати шляхи зниження собівартості сівби насіння сільськогосподарських культур. Одним з шляхів є застосування змінних висівних пристроїв до існуючих посівних машин, оскільки

*Науковий керівник – кандидат технічних наук І.Л. Роговський

сільського господарства імені Петра Василенка. – Х.: ХНТУСГ, 2014. – Вип. 155. – С. 132–137.

2. Система технічного обслуговування обладнання лісового комплексу. Звіт про НДР (заключний) / Національний університет біоресурсів і природокористування України. – № держ. реєстр. 0107U012058. № держ. обл. 0209U002599. – К., 2008. – 119 с.

3. *Роговський І.Л.* Класифікація технологічних процесів техсервісу обладнання лісового комплексу / *І.Л. Роговський* // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. – Х.: ХНТУСГ, 2009. – Вип. 76. – Т. 1. – С. 136–142.

4. *Плешков А.С.* Концептуальность решений техсервисных задач в лесном хозяйстве / *А.С. Плешков*. – Санкт-Петербург: Гладь, 2010. – 240 с.

В статье представлены результаты по методическим положений описания математической модели обеспечения коэффициента готовности лесных МЭС.

Средство, коэффициент готовности, лесной МЭС.

The paper presents results on methodological regulations describing mathematical models of availability of forest MEM.

Means, availability, forest MEM.

УДК 631.331.5

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ЗАСТОСУВАННЯ ВДОСКОНАЛЕНИХ МЕХАНІЗМІВ ПРИВОДУ ВИСІВНИХ АПАРАТІВ ПОСІВНИХ МАШИН

Н.В. Матухно, здобувач*

В статті описано аналітичні підходи та описані передумови вдосконалення механізмів приводу висівних апаратів посівних машин.

Апарат, висів, машина, привод.

Постановка проблеми. Високі ціни на сучасні посівні машини вимагають шукати шляхи зниження собівартості сівби насіння сільськогосподарських культур. Одним з шляхів є застосування змінних висівних пристроїв до існуючих посівних машин, оскільки

*Науковий керівник – кандидат технічних наук І.Л. Роговський

вартість таких пристроїв менша за вартість спеціалізованих сівалок. Підвищення технічного рівня механізмів приводу посівних машин також повинно сприяти зменшенню трудомісткості їх обслуговування, поліпшенню техніко-економічних показників.

Аналіз останніх досліджень. Вихідні дані [1-5] для розрахунків зведені в табл. 1.

1. Вихідні дані для розрахунків економічної ефективності вдосконалених висівних апаратів бурякової сівалки ССТ-12В/ та механізму приводу зернотукотрав'яної сівалки СЗТ-3, 6А.

Найменування показника та його одиниця виміру	Значення показника	
	базовий варіант	новий варіант
Склад агрегату: - трактор	MT3-80	MT3-80
- сівалка бурякова	ССТ-12В/	ССТ-12В/
- сівалка зернотукотрав'яна	СЗТ-3,6А	переобладнана СЗТ-3,6А
Ціна, грн: - трактора	68000	68000
- сівалки бурякової	25290	-
- сівалки зернотукотрав'яної	18290	-
- висівного диску НІ26.17.004	83,9	-
- універсального висівного диску з пристроєм для дозування	-	123,0
- пристрою СТЯ 23.000 для сівби проса	45	-
- пристрою СОУ 04.000 для сівби дрібного насіння	3157	-
Маса механізму приводу висівних апаратів сівалки СЗТ-3,6А, кг	57,5	12,1
Продуктивність посівного агрегату за годину змінного часу, га	2,7	2,7
Витрати палива, кг/га	2,9	2,9
Кількість обслуговуючого персоналу	1	1
Оплата праці тракториста, грн /год	5,71	5,71
Річне навантаження, год:		
- тракториста	1600	1600
- сівалки бурякової	50	50
- сівалки зернотукотрав'яної	140	140
Норма відрахувань на реновацію, %		
- трактора	10	10
- сівалки	12,5	12,5
Норма відрахувань на ремонт та технічне обслуговування, %:		
- трактора	14,9	14,9
- сівалки	7,0	7,0
Нормативні коефіцієнти:		
- ефективності капітальних вкладень	0,15	0,15
- переводу ціни в балансову вартість	1,2	1,2

Мета досліджень. Обґрунтувати техніко-економічні показники застосування вдосконалених механізмів приводу висівних апаратів посівних машин.

Результати досліджень. Серійна бурякова сівалка ССТ-12В має такі чотири змінні комплекти висівних дисків: з них два однорядкових і два дворядкових комплектів. Два однорядкових комплектів дозволяють висівати: один комплект-дрібну фракцію насіння цукрових буряків розміром 3,5-4,5 мм, другий комплект-велику фракцію насіння розміром 4,5-5,5 мм. Аналогічне призначення мають інші два комплекти дворядкових висівних дисків. В кожний з чотирьох комплектів входять 12 висівних дисків. Загальна вартість чотирьох комплектів висівних дисків дорівнює:

$$Ц_{4к} = 83,9 \times 4 \times 12 = 4027 \text{ грн.}$$

Вартість комплекту універсальних висівних дисків для сівби двох фракцій насіння цукрових буряків з пристроєм для сівби насінників багаторічних трав і проса.

$$Ц_{ку} = 123,0 \times 12 = 1476 \text{ грн.}$$

$$Ц_6 = 25290 + 3157 + 45 = 28492 \text{ грн.}$$

Загальна вартість бурякової сівалки в новому варіанті:

$$Ц_{н} = 25290 - 83,9 \times 3 \times 12 + 1476 = 23746 \text{ грн.}$$

Вартість 1 кг маси зернотукотрав'яної сівалки СЗТ-3,6А:

$$Ц_1 = \frac{18290}{1690} = 10,82 \text{ грн.}$$

Тоді вартість зернотукотрав'яної сівалки СЗТ-3,6А з удосконаленим механізмом приводу висівних апаратів:

$$Ц_{н} = 18290 - 10,82(57,5 - 12,1) = 17799 \text{ грн.}$$

Показники економічної ефективності нових посівних машин визначені у відповідності з [2].

Затрати на амортизацію (реновація + ремонт), поточний ремонт та технічне обслуговування трактора, сівалки в розрахунку на гектар засіяної площі визначені за формулою:

$$A = \frac{1,1 \times Ц(P + ПР)}{100 \times П \times 3}, \text{ грн/га} \quad (1)$$

де 1,1 – коефіцієнт затрат на транспортування машини, утримання організацій збуту та постачання; Ц – ціна трактора сівалки, грн.; Р – норма відрахувань на реновацію та капітальний ремонт відповідної техніки %; ПР – норма відрахувань на поточний ремонт відповідної техніки %; П – продуктивність агрегату за годину змінного часу, га.

Зона прийнята однаковою для бурякової і зернотукотрав'яної сівалок. Ширина захвату бурякової сівалки ССТ-12В/ у 1,5 рази більша за захват зернотукотрав'яної сівалки СЗТ-3,6А. Але допустима робоча швидкість на сівбі цукрових буряків менша в

порівнянні з сівбою зернових і трав; трирічна завантаженість відповідної техніки.

У відповідності з формулою (1) затрати на амортизацію трактора при сівбі зернових і трав, а також цукрових буряків базовим і новими посівними агрегатами:

$$A_6^T = A_H^T = \frac{1.1 \times 68000(10+14,9)}{100 \times 2,7 \times 1600} = 4,31 \text{ грн/га.}$$

Затрати на амортизацію зернотукотрав'яної сівалки СЗТ-3,6А в базовому варіанті:

$$A_6^{c1} = \frac{1.1 \times 68000(7+12,5)}{100 \times 2,7 \times 140} = 10,38 \text{ грн/га.}$$

Теж в новому варіанті з удосконаленням механізмом приводу висівних апаратів:

$$A_H^{c1} = \frac{1.1 \times 17799(7+12,5)}{100 \times 2,7 \times 140} = \frac{10,10 \text{ грн}}{\text{га}}.$$

Затрати на амортизацію бурякової сівалки ССТ-12В/ в базовому варіанті

$$A_6^{c2} = \frac{1.1 \times 28492(7+12,5)}{100 \times 2,7 \times 50} = 45,27 \text{ грн/га.}$$

Теж в новому варіанті з універсальними висівними дисками і пристроєм для дозування насіння:

$$A_H^{c2} = \frac{1.1 \times 23746(7+12,5)}{100 \times 2,7 \times 50} = 37,73 \text{ грн/га.}$$

Сумарні затрати на амортизацію зернотукотрав'яної і бурякової сівалок в базовому варіанті:

$$A_6^c = A_6^{c1} + A_6^{c2} = 10,38 + 45,27 = 55,65 \text{ грн/га} \quad (2)$$

Те ж в новому варіанті:

$$A_H^c = A_H^{c1} + A_H^{c2} = 10,10 + 37,73 = 47,83 \text{ грн/га}.$$

Сумарні затрати на амортизацію по трактору і сівалкам в базовому варіанті:

$$A_6 = A_6^T + A_6^c = 4,31 + 55,65 = 59,96 \text{ грн/га} . \quad (3)$$

Те ж в новому варіанті:

$$A_H = A_H^T + A_H^c = 4,31 + 47,83 = 52,14 \text{ грн/га.}$$

Затрати на паливно-мастильні матеріали визначені за формулою:

$$ПМ_6 = ПМ_H = ВП \times 3,65 = 2,9 \times 4,65 = 13,49 \text{ грн/га} , \quad (4)$$

де ВП – середня витрата палива, кг/га; 4,65 – комплексна вартість 1 кг паливно-мастильних матеріалів, грн/кг.

Затрати на оплату праці тракториста в розрахунку на 1 га посівної площі:

$$ПР_6 = ПР_H = \frac{T}{П} = \frac{5,71}{2,7} = 2,11 \text{ грн/га} , \quad (5)$$

де Т – погодинна оплата праці тракториста, грн/год; П – продуктивність посівного агрегату, га/год.

Питомі капітальні вкладення по трактору і сівалці:

$$ПК = \frac{1,1 \times Ц}{П \times 3} \quad (6)$$

З них по трактору:

$$ПК_6^T = ПК_Н^T = \frac{1,1 \times 68000}{2,7 \times 1600} = 17,31 \text{ грн/га,}$$

по базовому варіанту зернотукової сівалки:

$$ПК_6^{c1} = \frac{1,1 \times 18290}{2,7 \times 140} = 53,22 \text{ грн/га,}$$

по базовому варіанту бурякової сівалки:

$$ПК_6^{c2} = \frac{1,1 \times 28492}{2,7 \times 50} = 232,16 \text{ грн/га,}$$

по новому варіанту зернотукотрав'яної сівалки з вдосконаленням механізмом приводу висівних апаратів:

$$ПК_Н^{c1} = \frac{1,1 \times 17799}{2,7 \times 140} = 51,80 \text{ грн/га,}$$

по новому варіанту бурякової сівалки з універсальними висівними дисками і пристроєм для дозування насіння:

$$ПК_Н^{c2} = \frac{1,1 \times 23746}{2,7 \times 50} = 193,49 \text{ грн/га.}$$

Сумарні питомі капітальні вкладення по трактору і базовим варіантам посівних машин:

$$ПК_6 = ПК_6^T + ПК_6^{c1} + ПК_6^{c2} = 17,31 + 53,22 + 232,16 = 302,69 \text{ грн/га. (7)}$$

Те ж по трактору і новим варіантам посівних машин:

$$ПК_Н = ПК_Н^T + ПК_Н^{c1} + ПК_Н^{c2} = 17,31 + 51,80 + 193,49 = 262,60 \text{ грн/га.}$$

Прямі експлуатаційні затрати на гектар посівної площі визначаються сумою:

$$ЕК = A^T + A^c + ПМ + ПР, \quad (8)$$

де A^T – амортизаційні відрахування на гектар посівної площі по трактору, грн/га; A^c – те ж по посівних машинах, грн/га; ПМ – затрати на га по паливно-мастильних матеріалах, грн./га; ПР – затрати на оплату праці тракториста, грн./га.

Розрахунки по формулі (8) для базового варіанта машин показують, що прямі експлуатаційні затрати на гектар посівної площі дорівнюють сумі:

$$ЕК_6 = A_6^T + A_6^c + ПМ_6 + ПР_6 = 4,31 + 55,65 + 13,49 + 2,11 = 75,56 \text{ грн/га} \quad (9)$$

Те ж по новому варіанту посівних агрегатів:

$$ЕК_Н = A_Н^T + A_Н^c + ПМ_Т + ПР_Т = 4,31 + 47,83 + 13,49 + 2,11 = 67,74 \text{ грн/га.}$$

Приведені затрати дорівнюють сумі:

$$ПЗ = ЕК + 0,15 * ПК, \quad (10)$$

де 0,15 – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень.

Для базових посівних агрегатів приведені затрати:

$$ПЗ_6 = ЕК_6 + 0,15ПК_6 = 75,56 + 0,15 \times 302,69 = 120,96 \text{ грн/га}.$$

Те ж для нових посівних агрегатів:

$$ПЗ_н = ЕК_н + 0,15ПК_н = 67,74 + 0,15 \times 262,60 = 107,13 \text{ грн/га}.$$

Річний економічний ефект від застосування посівних машин з удосконаленим механізмом приводу і універсальними висівними апаратами визначено за формулою:

$$Е = (ПЗ_6 - ПЗ_н)З_н \times П = (120,96 - 107,03) \times (140 + 50) \times 2,7 = 7095 \text{ грн.} \quad (11)$$

Лімітна ціна посівних машин з удосконаленими механізмом приводу і висівними апаратами визначена за формулою:

$$ЛЦ = \frac{Е}{0,15 + 0,11} + 1,1 \times Ц_н^м \times \frac{0,8}{1,2} = \frac{7095}{0,15 + 0,11} + 1,1 (17799 + 23746) \times \frac{0,8}{1,2} = 57755 \text{ грн,}$$

де 0,15 – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень; 0,11 – частка, що припадає на реновацію нової машини; $Ц_н^м$ – розрахункова ціна нової зернотукотрав'яної сівалки з удосконаленим приводом висівних апаратів і бурякової сівалки з універсальними висівними дисками та пристроєм для дозування насіння, грн.; 1,2 – коефіцієнт переводу оптової ціни в балансову; 0,8 – коефіцієнт гарантії споживачу економічного ефекту від застосування нових посівних машин.

Економічні показники нових і базових посівних машин зведені в табл. 2, а показники економічної ефективності нових машин представлені в табл. 3. Наведені в таблицях значення показників визначені з використанням існуючих методик економічної оцінки сільськогосподарської техніки.

2. Економічні показники застосування серійних і удосконалених сівалок для сівби зернових, трав і цукрових буряків.

Найменування показника та одиниця його виміру	Значення показника:	
	базовий варіант	новий варіант
Затрати праці, люд.год/га	0,37	0,37
Заробітна плата, грн./год	2,11	2,11
Затрати на реновацію, капітальний та поточний ремонт і технічне обслуговування	59,96	59,96
Затрати на паливно-мастильні матеріали, грн./га	13,49	13,49
Питомі капітальні вкладення, грн./га	302,69	262,60
Прямі експлуатаційні затрати, грн./га	75,56	67,74
Приведені затрати, грн./га	120,96	107,13
Лімітна ціна удосконалених посівних машин, грн	-	57755

3. Показники економічної ефективності застосування посівних машин з удосконаленням механізмом приводу і універсальними висівними апаратами та пристроєм для дозування насіння.

Найменування показника та одиниця його виміру	Значення показника
Підвищення продуктивності праці, %	0
Зменшення прямих експлуатаційних затрат, %	10,4
Зменшення приведених затрат, %	11,4
Річний економічний ефект, грн.	7095

Висновок. Застосування зернотукотрав'яної сівалки СЗТ-3,6А з удосконаленням механізмом приводу висівних апаратів і бурякової сівалки ССТ-12В/ з універсальними висівними дисками та дозуючим пристроєм забезпечує зменшення прямих експлуатаційних затрат на 10,4%, приведених затрат на 11,4% і дає річний економічний ефект 7095 грн. в розрахунку на один зразок машини.

Список літератури

1. Ловейкін В.С. Оптимізація режимів руху машин і механізмів / В.С. Ловейкін // Машинознавство. – 1999. – №7(25). – С. 24–31.
2. Сисолін П.В. Сільськогосподарські машини : теоретичні основи, конструкція, проектування : підруч. для студ. вищ. навч. закл. із спец. “Машини та обладнання с.-г. вир-ва” / За ред. М.І. Чорновола / П.В. Сисолін, В.М. Сало, В.М. Кропівний. – К.: Урожай, 2001. – Кн. 1 : машини для рільництва. – 384 с.
3. Матухно Н.В. Передумови вдосконалення механізмів приводу висівних апаратів посівних машин / Н.В. Матухно // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – К., 2011. – Вип. 166, ч. 2. – С. 267–272.
4. Матухно Н.В. Привод висівних апаратів сівалок / Н.В. Матухно // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – К., 2012. – Вип. 170, ч. 1. – С. 342–347.
5. Матухно Н.В. Синтез існуючих приводів висівних апаратів сівалок / Н.В. Матухно // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – К., 2012. – Вип. 170, ч. 1. – С. 347–352.

В статье описаны аналитические подходы и описаны предпосылки усовершенствования механизмов повода высевных аппаратов посевных машин.

Аппарат, высев, машина, привод.

In paper analytical approaches are presented and preconditions of development of mechanisms of motive of sowing apparatuses of sowing machines are presented.

Apparatus, seeding, machine, motive.

КОРЕГУВАННЯ ПОКАЗАНЬ МАНОМЕТРА ПРИ ВИМІРЮВАННІ ТИСКУ В ҐРУНТІ ПНЕВМАТИЧНИМИ ПРЕСІОМЕТРАМИ

М.Я. Довжик, кандидат технічних наук
Б.Я. Татьянченко, кандидат технічних наук
О.О. Соларьов, аспірант
Сумський національний аграрний університет

У статті запропонована методика, за допомогою якої можна більш точно підібрати тиск у повітряній камері пневматичного пресіометра при вимірюванні тиску в ґрунті.

Напруження, пресіометр, деформація.

Постановка проблеми. Пресіометри знайшли широке застосування при оцінці деформаційних властивостей ґрунтів в стінах бурових свердловин, для вимірювання переміщень в ґрунті при будівництві будинків і споруд, а також для випробування ґрунтів статичними навантаженнями з метою визначення їх пружних характеристик.

Аналіз останніх досліджень. Відомі конструкції як гідравлічних, так і пневматичних пресіометрів. Основними робочими елементами пневматичного пресіометра є еластична камера (рис. 1), в яку подається стисле повітря, і манометр 2 для виміру тиску повітря.

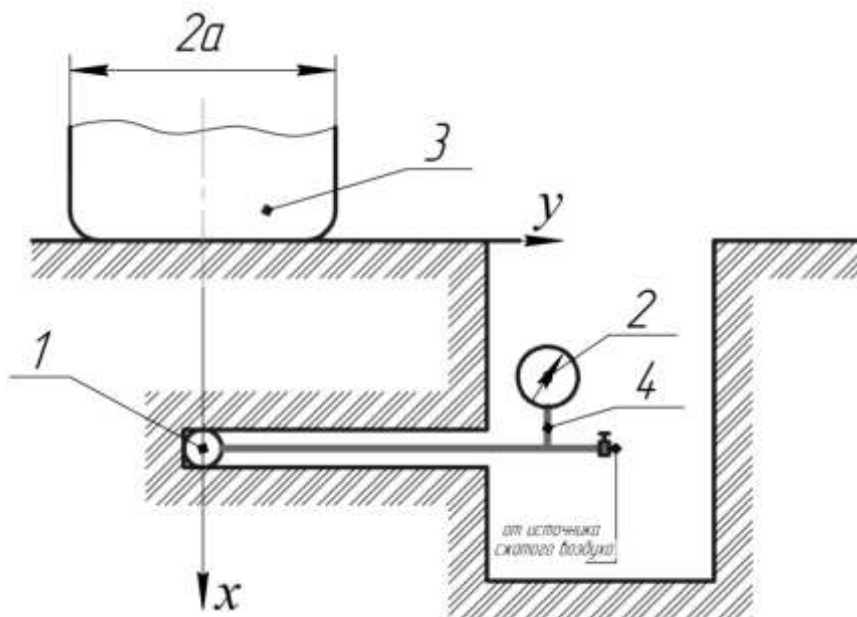


Рис. 1. Схема вимірювань тиску в ґрунті.

Метою досліджень є вивчення особливостей вимірювання напруження в ґрунті за допомогою пневматичного пресіометра та раціональний підбір тиску в повітряній камері приладу.

Результати досліджень. У нашому випадку виникла необхідність у вимірюванні тиску в різних точках масиву ґрунту під колесом 3 транспортного засобу з метою перевірки теоретичних результатів, отриманих у ході роботи [2]. Особливістю цього експерименту є малість вимірюваних тисків (порядку сотих доль МПа), при цьому на показники манометра впливає повітря, що знаходиться в сполучних шлангах 4. У зв'язку з цим показники манометра не відповідають тиску ґрунту на пневматичну камеру, тому виникла необхідність у корегуванні цих показників.

Зміна тиску повітря в системі і його об'єму в цьому випадку незначні, тому температура повітря практично залишається постійною. Це так званий ізотермічний процес, при якому тиск газу на його об'єм можна вважати постійним [4]. Нехай V_1 – об'єм повітря в камері, яке вимірюється під тиском ґрунту, а V_2 – об'єм повітря в шлангах, яке при достатній їх жорсткості залишається незмінним.

Розглянемо два випадки.

1. Камера ізольована і тиск в ній змінюється від початкового p_0 , створеного в системі за допомогою якого-небудь джерела стислого газу, до вимірюваного тиску p , який виникає при наїзді колеса на досліджувану точку. Зменшення об'єму ΔV камери знайдемо з умови:

$$p_0 V_1 = p(V_1 - \Delta V), \text{ звідки } \Delta V = V_1 \frac{p - p_0}{p}.$$

2. Для всієї системи можна записати:

$$p_0(V_1 + V_2) = p_M(V_1 - \Delta V + V_2),$$

де p_M – показники манометра; V_2 – об'єм повітря в шлангах.

Виключаючи з останнього рівняння ΔV , отримуємо формулу для перерахунку показників манометра в дійсні значення тиску p :

$$k = \frac{p}{p_M} = \frac{1}{1 + \alpha(1 - \frac{p_M}{p_0})}, \text{ де } \alpha = \frac{V_2}{V_1}.$$

При великому об'ємі еластичної камери і коротких шлангах вплив повітря в шлангах незначний і при $\alpha \rightarrow 0$, $p = p_M$.

Якщо ж необхідно вимірювати тиск в певних точках неоднорідно напруженого ґрунту, то об'єм камери має бути за можливістю мінімальним. Тоді він стає близьким до об'єму повітря в шлангах і виникає необхідність у корегуванні показників манометра.

На рис. 2 представлені графіки відношення k у залежності від відношення p_M/p_0 для різних значень α . Вони охоплюють усі можливі практичні випадки. Крім того, з цих графіків можна отримати інформацію для правильного вибору початкового тиску p_0 , з тим щоб

при відомому відношенні α відношення $k = p/p_M$ не було занадто великим для діапазону очікуваних показників манометра p_M .

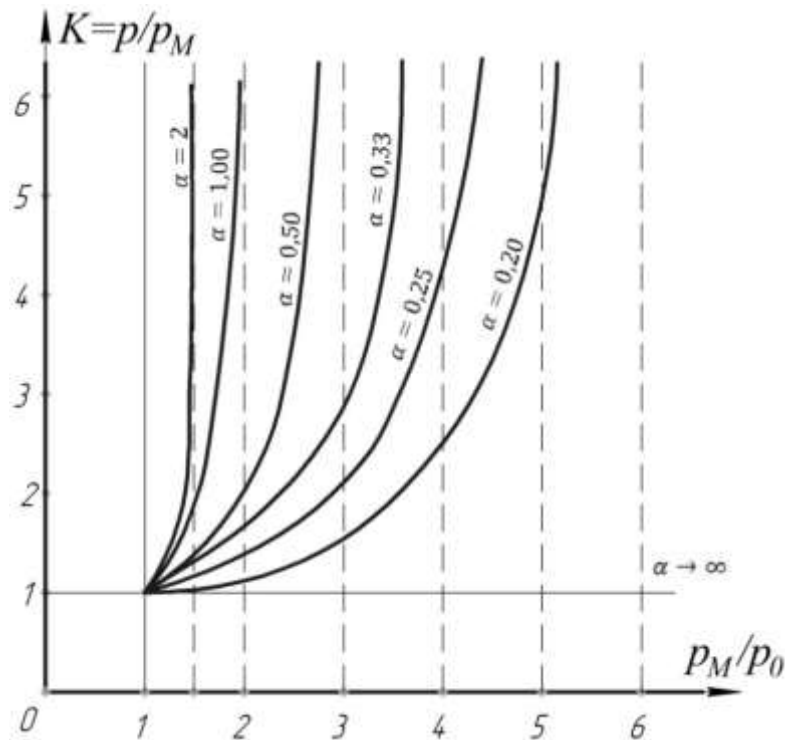


Рис. 2. Графіки зміни $k = k(p_M/p_0)$.

У нашому випадку відношення об'ємів повітря в шлангах і в камері $\alpha = 1$ при фактичних їх значеннях $V_1 = V_2 = 34,0 \text{ см}^3$. Середні вимірювані напруження, що створюються в ґрунті трактором: $p_{cp1} = p_1 - p_0$; $p_{cp2} = p_2 - p_0$.

Теоретичне напруження визначалося згідно з методикою, представленою в роботі [2]: для отримання розрахункових напружень σ_x , σ_y і σ_z (вісь z на рис. 1 перпендикулярна площині креслення) необхідно множити відношення величини відповідного напруження, представленого на рис. 3 на питомий тиск між колесом трактора і поверхнею ґрунту.

Як відомо, повна деформація елемента пружного середовища складається зі зміни форми цього елемента і зміни його об'єму. Остання складова пропорційна середньому з трьох взаємно перпендикулярних напружень:

$$\sigma_{cp} = \frac{\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z}{3},$$

яке і дорівнює тиску в цій точці.

Результати вимірів і розрахунків зведені в табл. 1. Теоретичні значення σ_x , σ_y , σ_z і середнього напруження σ_{cp} приведені тут для випадку статичного навантаження, тобто при вимкненому двигуні трактора.

1. Значення вимірюного тиску у ґрунті (МПа).

Х	0	М1	М2	1	2	ср1	ср2	σ_x	σ_y	σ_z	σ_{cp}	m/p_0
0,5a	0,110	0,132	0,129	0,165	0,156	0,055	0,046	0,076	0,036	0,028	0,047	1,173
a	0,113	0,128	0,125	0,148	0,140	0,035	0,027	0,065	0,015	0,020	0,033	1,106
1,5a	0,114	0,123	0,123	0,134	0,134	0,020	0,020	0,054	0,006	0,015	0,025	1,079
2a	0,110	0,116	0,116	0,123	0,123	0,013	0,013	0,044	0,003	0,012	0,020	1,055
2,5a	0,114	0,115	0,115	0,116	0,116	0,002	0,002	0,037	0,002	0,009	0,016	1,409
0,5a	0,111	0,133	0,130	0,166	0,157	0,055	0,046	0,072	0,031	0,026	0,043	1,17
a	0,110	0,124	0,122	0,142	0,137	0,032	0,027	0,059	0,015	0,0184	0,0308	1,109
1,5a	0,113	0,123	0,121	0,135	0,130	0,022	0,017	0,049	0,008	0,014	0,024	1,071
2a	0,110	0,115	0,114	0,120	0,118	0,01	0,008	0,041	0,004	0,011	0,019	1,036
2,5a	0,112	0,113	0,113	0,114	0,114	0,002	0,002	0,035	0,0026	0,009	0,0155	1,009
0,5a	0,111	0,125	0,123	0,143	0,138	0,032	0,027	0,04	0,028	0,017	0,028	1,108
a	0,113	0,123	0,122	0,133	0,134	0,02	0,021	0,038	0,018	0,014	0,023	1,08
1,5a	0,112	0,120	0,118	0,129	0,13	0,017	0,018	0,036	0,011	0,012	0,02	1,054
2a	0,110	0,117	0,115	0,125	0,123	0,015	0,013	0,033	0,007	0,01	0,017	1,05
2,5a	0,110	0,115	0,114	0,120	0,122	0,01	0,012	0,03	0,005	0,009	0,015	1,036

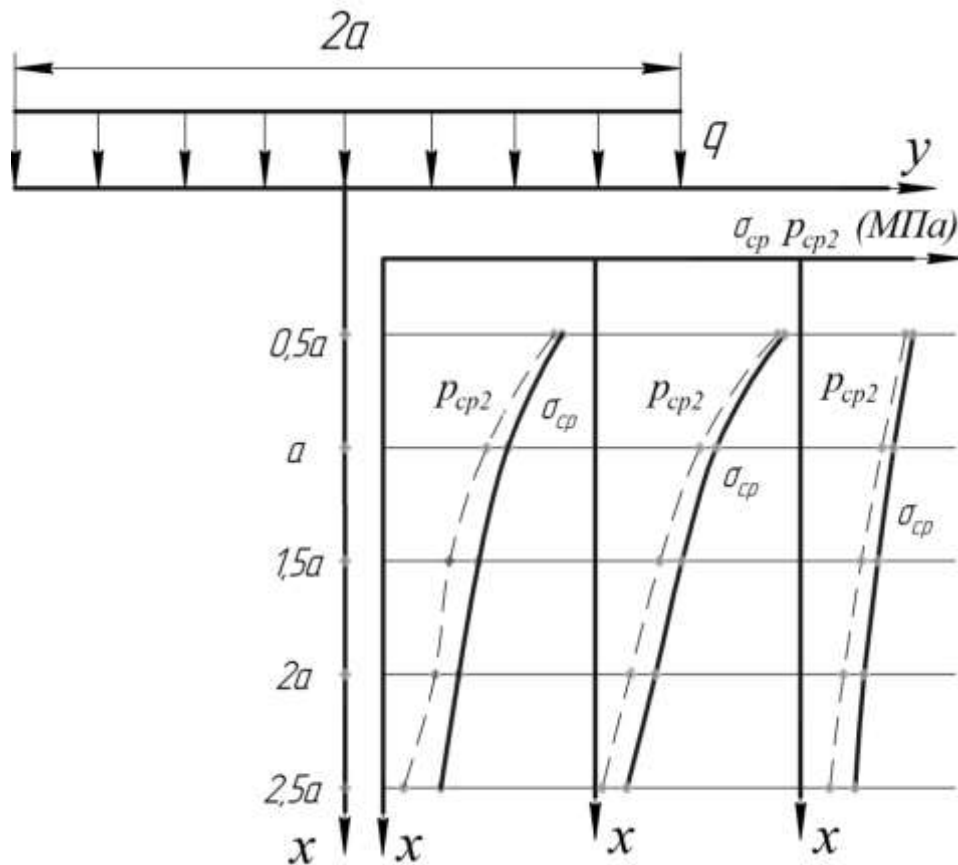


Рис. 3. Графіки зміни середнього теоретичного напруження $\sigma_{\text{ср}}$ і виміряного тиску $p_{\text{ср2}}$.

Висновки

Напруження у ґрунті мають досить складний характер, які насамперед пов'язаний з його властивостями. Розбіжність дослідних і розрахункових величин складає від 2% до 10%, і воно тим більше, чим менший тиск. Досліди показали достатню відповідність теоретичних і практичних значень напружень у ґрунті. Це означає, що при відносно невеликих навантаженнях ґрунти показують лінійно-пружну реакцію і для дослідження пружньо-деформованого стану ґрунту можна використовувати лінійну залежність між напруженнями та деформацією. Закон Гука не працює при великих навантаженнях, які мають місце при проектуванні фундаментів під важкі побудови. Як відомо, на підшвах фундаментів високих будівель напруження можуть досягати 0,6 – 0,8 МПа.

Однак і в нашому випадку, не зважаючи на малі напруження, виникають залишкові деформації. В таблиці наведено порівняння результатів вимірювання напружень у таких випадках: при наїзді колеса на вимірювану точку, коли двигун машини працює, при вимкненому двигуні, а також при повторному включенні двигуна і після з'їзду колеса з дослідної точки.

Список літератури

1. Гуцол О.П. Фізичні рівняння деформування ґрунту з суттєвим проявом в'язкопластичних властивостей / О.П. Гуцол, В.П. Ковбаса, В.П. Курка // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. – 2011. – Вип. 166. – Ч. 2. – С. 141–153.
2. Довжик М.Я. Напружено-деформований стан ґрунту під слідом колеса транспортного засобу / М.Я. Довжик, Б.Я. Татьянченко, О.О. Соларьов // Матеріали міжнар. науково-практ. конф. [«Науково-технічний прогрес у сільськогосподарському виробництві»], (Мінськ, 28-30 листопада, 2013 р.) / М-во сільського господарства і продовольства республіки Білорусь, Білоруський державний аграрний технічний університет. – Мінськ, 2013. – С. 57–62.
3. Інженерна геологія. Механіка ґрунтів, основи та фундаменти : підручник / [Зоценко М.Л., Коваленко В.І. та ін.] ; за ред. М.Л. Зоценко. – Полтава: ПНТУ, 2003. – 554 с.
4. Полеску С. Експериментальне дослідження центральної системи регулювання тиску для сільськогосподарських тракторних шин у відповідності із властивостями ущільнення ґрунту й умовами транспортування / С. Полеску, Р. Кюрерца, Е. Войцу, Ф. Логхін // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. – 2010 – Вип. 144. – Ч. 4. – С. 78–86.

В статье предложена методика, с помощью которой можно более точно подобрать давление в воздушной камере пневматического прессиометра при измерении давления в почве.

Напряжение, прессиометры, деформация.

The paper proposes method by which it is possible to more accurately pick up pressure in air chamber of pneumatic pressure measurements pressuremeter soil.

Stress, presiometr, deformation.

УДК 519.21

СЛАБОЗБУРЕНА ЛІНІЙНА КРАЙОВА ЗАДАЧА ДЛЯ СИСТЕМ З ІМПУЛЬСНОЮ ДІЄЮ

Р.Ф. Овчар, кандидат фізико-математичних наук

Запропонована схема знаходження коефіцієнтних умов існування розв'язків слабо збурених лінійних крайових задач для систем з імпульсною дією в фіксовані моменти часу.

Матриця Гріна, задача Коші, матриця-ортотпроектор, узагальнений оператор Гріна, метод Вішіка-Люстерніка.

© Р.Ф. Овчар, 2014

Список літератури

1. Гуцол О.П. Фізичні рівняння деформування ґрунту з суттєвим проявом в'язкопластичних властивостей / О.П. Гуцол, В.П. Ковбаса, В.П. Курка // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. – 2011. – Вип. 166. – Ч. 2. – С. 141–153.
2. Довжик М.Я. Напружено-деформований стан ґрунту під слідом колеса транспортного засобу / М.Я. Довжик, Б.Я. Татьянченко, О.О. Соларьов // Матеріали міжнар. науково-практ. конф. [«Науково-технічний прогрес у сільськогосподарському виробництві»], (Мінськ, 28-30 листопада, 2013 р.) / М-во сільського господарства і продовольства республіки Білорусь, Білоруський державний аграрний технічний університет. – Мінськ, 2013. – С. 57–62.
3. Інженерна геологія. Механіка ґрунтів, основи та фундаменти : підручник / [Зоценко М.Л., Коваленко В.І. та ін.] ; за ред. М.Л. Зоценко. – Полтава: ПНТУ, 2003. – 554 с.
4. Полеску С. Експериментальне дослідження центральної системи регулювання тиску для сільськогосподарських тракторних шин у відповідності із властивостями ущільнення ґрунту й умовами транспортування / С. Полеску, Р. Кюрерца, Е. Войцу, Ф. Логхін // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. – 2010 – Вип. 144. – Ч. 4. – С. 78–86.

В статье предложена методика, с помощью которой можно более точно подобрать давление в воздушной камере пневматического прессиометра при измерении давления в почве.

Напряжение, прессиометры, деформация.

The paper proposes method by which it is possible to more accurately pick up pressure in air chamber of pneumatic pressure measurements pressuremeter soil.

Stress, presiometr, deformation.

УДК 519.21

СЛАБОЗБУРЕНА ЛІНІЙНА КРАЙОВА ЗАДАЧА ДЛЯ СИСТЕМ З ІМПУЛЬСНОЮ ДІЄЮ

Р.Ф. Овчар, кандидат фізико-математичних наук

Запропонована схема знаходження коефіцієнтних умов існування розв'язків слабо збурених лінійних крайових задач для систем з імпульсною дією в фіксовані моменти часу.

Матриця Гріна, задача Коші, матриця-ортотпроектор, узагальнений оператор Гріна, метод Вішіка-Люстерніка.

© Р.Ф. Овчар, 2014

Постановка проблеми. Існують невизначеність в схемі знаходження коефіцієнтних умов існування розв'язків слабо збурених лінійних крайових задач для систем з імпульсною дією в фіксовані моменти часу.

Аналіз останніх досліджень. Розглядається лінійна крайова задача для систем звичайних диференціальних рівнянь з імпульсною дією вигляду [1-3]:

$$\begin{cases} \dot{z} = A(t)z + f(t), & t \neq \tau_i \in [a, b], \quad i \in Z, \\ \Delta z|_{t=\tau_i} = S_i z + a_i, \\ l z = \alpha, \end{cases} \quad (1)$$

де $A(t), f(t) \in C([a, b] \setminus \{\tau_i\}_I) - (n \times n)$ -вимірні матриці та $(n \times 1)$ -вимірні векторні функції відповідно; $C([a, b] \setminus \{\tau_i\}_I)$ – простір неперервних або кусково-неперервних на $[a, b]$ вектор-функцій, які мають розриви першого роду по t при $t = \tau_i$; $S_i - (n \times n)$ -вимірні постійні матриці такі, що $E + S_i$ не вироджені; $a_i \in R^n$; $-\infty < a < \tau_1 < \dots < \tau_i < \dots < \tau_p < b < +\infty$, $i = 1, \dots, p$; $l = \text{col}(l_1 \dots l_m)$ – лінійний обмежений m -вимірний векторний функціонал.

Мета досліджень. Обґрунтувати знаходження коефіцієнтних умов існування розв'язків слабо збурених лінійних крайових задач для систем з імпульсною дією в фіксовані моменти часу.

Результати досліджень. Теорема 1. (Критичний випадок) Якщо $\text{rank } Q = n_1 < n$, то відповідна (1) однорідна крайова задача з імпульсною дією ($f(t) = 0, a_i = 0, \alpha = 0$) має $r = n - n_1$ і тільки r – лінійно-незалежних розв'язків. Неоднорідна крайова задача з імпульсною дією (1) розв'язна тоді і тільки тоді, коли:

$$f(t) \in C([a, b] \setminus \{\tau_i\}_I), a_i \in R^n, \alpha \in R^m,$$

задовольняють умову:

$$P_{Q_d^*} \left\{ \alpha - l \int_a^b K(\cdot, \tau) f(\tau) d\tau - l \sum_{i=1}^p \bar{K}(\cdot, \tau_i) a_i \right\} = 0, d = m - n_1 \quad (2)$$

і при цьому має r – параметричне сімейство розв'язків:

$$z_0(t, c_r) = X_r(t) c_r + \left(G \begin{bmatrix} f(\tau) \\ a_i \end{bmatrix} \right) (t) + X(t) Q^+ \alpha, \quad (3)$$

де $X(t)$ – нормальна $X(a) = E$ фундаментальна матриця відповідної (1) однорідної системи ($f(t) = 0, a_i = 0$); $K(t, \tau)$ – матриця Гріна задачі Коші системи (1) з імпульсною дією:

$$K(t, \tau) = \begin{cases} X(t) X^{-1}(\tau), & a \leq \tau \leq t \leq b; \\ 0, & a \leq t < \tau \leq b; \end{cases}$$

$\bar{K}(t, \tau) = K(t, \tau_i + 0)$; $Q = lX(\cdot) - (m \times n)$ – вимірна постійна матриця; $Q^+ - (n \times m)$ – вимірна матриця, псевдообернена до Q за Муром-Пенроузом; $P_{Q_2^*}: R^m \rightarrow N(Q^*) - (m \times n)$ – вимірна матриця – ортопроектор; $P_{Q^*}^2 = P_{Q^*} = P_{Q^*}^*$; $X_r(t) - (n \times r)$ – матриця, стовпці якої є повна система r – лінійно-незалежних розв'язків однорідної

крайової задачі з імпульсною дією ($f(t) = 0, a_i = 0, \alpha = 0$); $P_{Q_d^*} - (d \times m)$ – матриця, рядки якої є повна система d лінійно незалежних рядків матриці; $P_{Q^*}G$ – узагальнений оператор Гріна, який визначається формулою:

$$\begin{aligned} & \left(G \begin{bmatrix} f \\ a_i \end{bmatrix} \right) (t) \\ & \stackrel{\text{def}}{=} \left(\left[\int_a^b K(t, \tau) * d\tau - X(t)Q^*l \int_a^b K(\cdot, \tau) * d\tau, \sum_{i=1}^p \bar{K}(t, \tau_i) * \right. \right. \\ & \left. \left. - X(t)Q^+l \sum_{i=1}^p \bar{K}(\cdot, \tau_i) \right] \right) \begin{bmatrix} f(\tau) \\ a_i \end{bmatrix} \end{aligned} \quad (4)$$

З теореми 1, сформульованої в загальному вигляді, отримано наступне твердження для некритичних крайових задач.

Теорема 2. (Некритичний випадок) Якщо $\text{rank } Q = n_1 = n$, то відповідна (1) однорідна крайова задача з імпульсною дією ($f(t) = 0, a_i = 0, \alpha = 0$) має тільки тривіальний розв'язок. Неоднорідна крайова задача з імпульсною дією (1) розв'язна тоді і тільки тоді, коли:

$$f(t) \in C([a, b] \setminus \{\tau_i\}_I), a_i \in R^n, \alpha \in R^m$$

задовольняють умову:

$$P_{Q_d^*} \left\{ \alpha - l \int_a^b K(\cdot, \tau) f(\tau) d\tau - l \sum_{i=1}^p \bar{K}(\cdot, \tau_i) a_i \right\} = 0, d = m - n \quad (5)$$

при цьому єдиний розв'язок:

$$z_0(t) = \left(G \begin{bmatrix} f \\ a_i \end{bmatrix} \right) (t) + X(t)Q^+a, (X_r(t) = 0), \quad (6)$$

де узагальнений оператор Гріна $\left(G \begin{bmatrix} f \\ a_i \end{bmatrix} \right) (t)$ визначається формулою (4). Якщо функціонал l такий, що справедливе співвідношення:

$$l \int_a^b K(\cdot, \tau) * d\tau = \int_a^b lK(\cdot, \tau) * d\tau,$$

тоді узагальнений оператор Гріна має таке зображення:

$$\left(G \begin{bmatrix} f \\ a_i \end{bmatrix} \right) (t) \stackrel{\text{def}}{=} \left(\left[\int_a^b G_0(t, \tau) * d\tau, \sum_{i=1}^p \bar{G}_0(t, \tau_i) * \right] \right) \begin{bmatrix} f(\tau) \\ a_i \end{bmatrix},$$

ядро якого $G_0(t, \tau) = K(t, \tau) - X(t)Q^+lK(\cdot, \tau), \bar{G}_0(t, \tau_i) = G_0(t, \tau_i + 0)$ називається узагальненою матрицею Гріна крайової задачі (1) без імпульсів.

Розглянута слабозбурена лінійна неоднорідна крайова задача з імпульсною дією:

$$\begin{cases} \dot{z} = A(t)z + \varepsilon A_1(t)z + f(t), & t \neq \tau_i; \\ \Delta z|_{t=\tau_i} - S_i z = a_i + \varepsilon A_{1i} z(\tau_i - 0); \\ lz = \alpha + \varepsilon l_1 z \end{cases} \quad (7)$$

в припущенні, що у породжуючій крайовій задачі з імпульсною дією (1) не існує розв'язків при довільних неоднорідностях $f(t) \in C([a, b] \setminus \{\tau_i\}_I), a_i \in R^n, \alpha \in R^m$.

За теоремою 1 це означає, що $\text{rank } Q = n_1 < n$ і критерій розв'язності (2) не виконується:

$$P_{Q_d^*} \left\{ \alpha - l \int_a^b K(\cdot, \tau) f(\tau) d\tau - l \sum_{i=1}^p \bar{K}(\cdot, \tau_i) a_i \right\} \neq 0.$$

Ставиться і розв'язується задача про знаходження умов на збурені доданки $\varepsilon A_1(t), \varepsilon A_{1i}, \varepsilon l_1$, при яких задача (7) буде розв'язана при довільних:

$$f(t) \in C([a, b] \setminus \{\tau_i\}_I), a_i \in R^n, \alpha \in R^m.$$

На основі методу типу Вішіка-Люстерніка отримані коефіцієнти умови існування розв'язків крайової задачі (7) при довільних:

$$f(t) \in C([a, b] \setminus \{\tau_i\}_I), a_i \in R^n, \alpha \in R^m.$$

Для отримання цих умов будується $(d \times r)$ -вимірна матриця:

$$B_0 = P_{Q_d^*} \left[l_1 X_r(\cdot) - l \int_a^b K(\cdot, \tau) A_1(\tau) X_r(\tau) d\tau - l \sum_{i=1}^p \bar{K}(\cdot, \tau_i) A_{1i} X_r(\tau - 0) \right]. \quad (8)$$

Застосування методу Вішіка-Люстерніка дозволяє знайти ефективні коефіцієнтні умови існування розв'язків крайової задачі (7) у вигляді рядів Лорана по степеням малого параметра ε з скінченним числом доданків, які містять від'ємні степені ε . Доведено теорему, яка дозволяє розв'язати поставлену задачу. Перш ніж її сформулювати, введемо наступні позначення: P_{B_0} - $(r \times r)$ - вимірна матриця-ортопроектор: $R^r \rightarrow N(B_0)$; $P_{B_0}^*$ - $(d \times d)$ - вимірна матриця-ортопроектор: $R^d \rightarrow N(B_0^*)$.

Теорема 3. Нехай крайова задача (7) задовольняє вказані вище умови так, що має місце критичний випадок ($\text{rank } Q = n_1 < n$) і породжуюча крайова задача з імпульсною дією (1) при довільних неоднорідностях:

$$f(t) \in C([a, b] \setminus \{\tau_i\}_I), a_i \in R^n, \alpha \in R^m$$

не має розв'язків. Тоді, якщо виконуються умови:

$$P_{B_0} = 0, \quad P_{B_0^*} P_{Q_d^*} = 0, \quad (9)$$

то для крайової задачі (7) існує при довільних:

$$f(t) \in C([a, b] \setminus \{\tau_i\}_I), a_i \in R^n, \alpha \in R^m$$

єдиний розв'язок у вигляді збіжного при $\varepsilon \in (0, \varepsilon_*]$ ряду:

$$z(t, \varepsilon) = \sum_{i=1}^{+\infty} \varepsilon^i z_i(t);$$

Якщо умови (9) не виконуються, то для отримання достатніх умов існування розв'язків крайової задачі (7) при довільних:

$$f(t) \in C([a, b] \setminus \{\tau_i\}_I), a_i \in \mathbb{R}^n, \alpha \in \mathbb{R}^m$$

необхідно залучати $(d \times r)$ – вимірну матрицю:

$$B_1 = P_{Q_d^*} \left\{ l_1 G_r(\cdot) - l \int_a^b K(\cdot, \tau) A_1(\tau) G_1(\tau) d\tau - l \sum_{i=1}^p \bar{K}(\cdot, \tau_i) A_{1i} G_1(\tau_i - 0) \right\} \quad (10)$$

де $G_1(t) = \left(G \begin{bmatrix} A_1(\tau) G_{00}(\tau) \\ A_{1i} G_{00}(\tau_i - 0) \end{bmatrix} \right) (t) + X(t) Q^* l_1 G_{00}(\cdot), G_{00}(t) = X_r(t).$

Для цього випадку доведено наступне твердження.

Теорема 4. Нехай відносно крайової задачі (7) виконані умови, зазначені вище. Тоді справедливі такі еквівалентні твердження:

а) при довільних $f(t) \in C([a, b] \setminus \{\tau_i\}_I), a_i \in \mathbb{R}^n$ і $\alpha \in \mathbb{R}^m$ крайова задача (7) має єдиний розв'язок $z(t, \varepsilon)$ у вигляді збіжного при $\varepsilon \in (0, \varepsilon_*]$ ряду:

$$z(t, \varepsilon) = \sum_{i=-2}^{+\infty} \varepsilon^i z_i(t);$$

б) при довільному r -вимірному постійному векторі $\varphi_0 \in \mathbb{R}^r$ ($1 \leq r \leq n$) r -вимірна алгебраїчна система:

$$(B_0 + \varepsilon B_1 + \dots) u_\varepsilon = \varphi_0,$$

має єдиний розв'язок у вигляді збіжного при $\varepsilon \in (0, \varepsilon_*]$ ряду:

$$u_\varepsilon = \sum_{i=-1}^{+\infty} \varepsilon^i u_i;$$

в) виконані умови:

$$P_{B_0} \neq 0, P_{B_0} P_{B_1} = 0, P_{B_0^*} P_{B_1^*} P_{Q_d^*} = 0.$$

При цьому умови $P_{B_0} \neq 0, P_{B_0} P_{B_1} = 0$ забезпечують єдиність, а умова $P_{B_0^*} P_{B_1^*} P_{Q_d^*} = 0$ – існування розв'язків.

Висновок. Якщо умова $P_{B_0} = 0, P_{B_0^*} P_{Q_d^*} = 0$ не виконується, то для отримання достатніх умов існування розв'язків крайової задачі (7) при довільних неоднорідностях $f(t) \in C([a, b] \setminus \{\tau_i\}_I), a_i \in \mathbb{R}^n, \alpha \in \mathbb{R}^m$ необхідно залучити $(d \times r)$ – вимірну матрицю B_1 (10). Розв'язок $z(t, \varepsilon)$ крайової задачі (1) шукається при цьому у вигляді збіжного при $\varepsilon \in (0, \varepsilon_*]$ ряду.

Список літератури

1. *Самойленко А.М.* Дифференциальные уравнения с импульсным воздействием / *А.М. Самойленко, Н.А. Перестюк.* – К.: Вища школа, 1987. – 287 с.
2. *Бойчук А.А.* Конструктивные методы анализа краевых задач / *А.А. Бойчук.* – К.: Наукова думка, 1990. – 96 с.
3. *Самойленко А.М.* Линейные нетеровы краевые задачи для дифференциальных систем с импульсным воздействием / *А.М. Самойленко, А.А. Бойчук* // *Український математичний журнал.* – 1992. – №4. – С. 564–570.

Предложена схема определения коэффициентных условий возникновения решений слабовозмущенных линейных неоднородных краевых задач для систем с импульсным воздействием в фиксированные моменты времени.

Матрица Грина, задача Коши, матрица-ортопроектор, обобщенный оператор Грина, метод Вишика-Люстерника.

The chart of determination of coefficient terms of origin of decisions of weaknonlinear regional tasks for systems with impulsive influence in fixed moments of time is offered.

Matrix Green, Cauchy problem, matrix-ortproektor, Green operator, line-Lyusternik method.

УДК 629.631.554

ВИЗНАЧЕННЯ СКЛАДУ ЗБИРАЛЬНО-ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСУ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ АВТОМОБІЛЬНИХ НАПІВПРИЧЕПІВ САМОСКИДІВ

С.Г. Фришев, доктор технічних наук

Обґрунтована методика визначення складу збирально-транспортного комплексу для зернових культур із застосуванням змінних автомобільних напівпричепів самоскидів.

Урожай зернових, транспортування, автомобільний напівпричеп, мінімалізація простоїв транспорту, продуктивність.

Постановка проблеми. Відомо, що введення в технологічну лінію між комбайнами і транспортними засобами проміжної перевантажувальної ланки дозволяє суттєво, порівняно з прямими автомобільними перевезеннями, скоротити час збирально-транспортних операцій.

Поряд із значними перевагами перевантажувальної технології із застосуванням спеціалізованого тракторного причепа – перевантажувача вона обумовлює значні (до 36%) простої автомобілів [1]. Іншим методом здійснення перевантажувальної технології є застосування в якості компенсаторів автомобільних напівпричепів (НП) самоскидів. Цей варіант технології набуває практичного застосування в останній час у зв'язку з розробкою і

© С.Г. Фришев, 2014

Предложена схема определения коэффициентных условий возникновения решений слабовозмущенных линейных неоднородных краевых задач для систем с импульсным воздействием в фиксированные моменты времени.

Матрица Грина, задача Коши, матрица-ортопроектор, обобщенный оператор Грина, метод Вишика-Люстерника.

The chart of determination of coefficient terms of origin of decisions of weaknonlinear regional tasks for systems with impulsive influence in fixed moments of time is offered.

Matrix Green, Cauchy problem, matrix-ortproektor, Green operator, line-Lyusternik method.

УДК 629.631.554

ВИЗНАЧЕННЯ СКЛАДУ ЗБИРАЛЬНО-ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСУ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ АВТОМОБІЛЬНИХ НАПІВПРИЧЕПІВ САМОСКИДІВ

С.Г. Фришев, доктор технічних наук

Обґрунтована методика визначення складу збирально-транспортного комплексу для зернових культур із застосуванням змінних автомобільних напівпричепів самоскидів.

Урожай зернових, транспортування, автомобільний напівпричеп, мінімалізація простоїв транспорту, продуктивність.

Постановка проблеми. Відомо, що введення в технологічну лінію між комбайнами і транспортними засобами проміжної перевантажувальної ланки дозволяє суттєво, порівняно з прямими автомобільними перевезеннями, скоротити час збирально-транспортних операцій.

Поряд із значними перевагами перевантажувальної технології із застосуванням спеціалізованого тракторного причепа – перевантажувача вона обумовлює значні (до 36%) простої автомобілів [1]. Іншим методом здійснення перевантажувальної технології є застосування в якості компенсаторів автомобільних напівпричепів (НП) самоскидів. Цей варіант технології набуває практичного застосування в останній час у зв'язку з розробкою і

© С.Г. Фришев, 2014

впровадженням у виробництво спеціального тракторного сидельного пристрою аналогічного за конструкцією з автомобільним. Такий пристрій значно скорочує витрати часу на причеплення – відчіплення НП і підвищує ефективність технології перевезення зерна за рахунок виключення простоїв автомобілів. Тому важлива розробка методики обґрунтування параметрів збирально-транспортного комплексу (ЗТК) для перевантажувального варіанту такої технологічної схеми.

Аналіз останніх досліджень. Роль компенсаторів можуть виконувати автомобільні і тракторні причепи-перевантажувачі (ПП), напівпричепи, змінні кузови, різного роду бункери [2-4]. Найбільш розповсюдженим компенсатором у виробництві є тракторний причіп-перевантажувач. Аналіз схеми перевезення зерна від комбайнів з використанням ПП дозволяє виявити ряд недоліків, перешкоджаючих досягненню максимального ефекту від роз'єднання транспортних операцій, до числа яких можна віднести наступні:

- необхідність перевантаження зерна із одного транспортного засобу (причіп-перевантажувач) в інший (великовантажний АТЗ);
- необхідність своєчасного під'їзду АТЗ до ПП компенсатора, обумовлює простої АТЗ.

Ці недоліки ліквідуються при застосуванні одного транспортного модуля – змінного напівпричепа самоскида.

Мета досліджень. Визначення шляхів підвищення ефективності перевантажувального ЗТК для зернових культур шляхом обґрунтування його раціональних робочих параметрів.

Результати досліджень. Особливість даної технологічної схеми полягає в застосуванні НП, які працюють послідовно у двох ланках:

- «збиральні комбайни (ЗК) – напівпричіп (НП) з трактором, який обладнано спеціальним автоматичним зчіпним сидельним пристроєм»;
- «НП – автомобільний тягач (АТ) з НП».

Такий варіант технології включає наступні операції. Транспортний агрегат, що містить НП з трактором, обладнаним зчіпним сидельним пристроєм, рухається по полю, під'їжджає до чергового ЗК, який має заповнений зерном бункер і завантажується. В залежності від місткості кузова НП та бункера ЗК виконується заповнення двома – трьома бункерами зерна. Потім трактор перевозить НП до краю поля, відчіпляє його та причіпляє порожній НП, який знаходиться там же, і повертається в поле до комбайнів. Заповнений зерном НП причіпляється до автотягача (АТ) з сидельним пристроєм, який перевозить зерно на приймальний пункт,

розвантажувати як самоскид, і повертає НП на край поля. Розглянемо ритмічність роботи першої ланки: «ЗК – НП з трактором». Виходячи з основної вимоги поточності для одного комбайна та одного ТПП, маємо:

$$R_1 = I_1, \quad (1)$$

де R_1 – ритм роботи комбайна, год.;

I_1 – інтервал надходження НП до місця взаємодії з технологічною машиною – комбайном, год.

Ритм роботи одного комбайна дорівнює тривалості його робочого циклу та містить час завантаження бункера – t_B та тривалість холостого ходу t_X , яка відноситься до часу завантаження [2, 5]:

$$R_1 = t_B + t_X = 1,11t_B, \quad (2)$$

де t_B – час заповнення бункера комбайна:

$$t_B = \frac{\omega_K \cdot d_B}{W_{KP}}, \text{ год.}$$

W_{KP} – продуктивність БК 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 комбайном:

$$I_1 = 0,08 + 0,12\rho + t_{B-\Pi} - \frac{\omega_K d_B}{W_{ШК}}, \text{ год.} \quad (3)$$

де ρ – кількість бункерів зерна ЗК, що завантажуються в НП;

$t_{B-\Pi}$ – середня тривалість перечіпки (відчіплення – причеплення) НП;

$W_{ШК}$ – продуктивність вивантажувального шнека ЗК, т/год.

Після підстановки значень з (2) та (3) в (1) одержимо:

$$\frac{1,11 \omega_K \cdot d_B}{W_{KP}} = 0,08 + 0,12\rho + t_{B-\Pi} - \frac{\omega_K d_B}{W_{ШК}}.$$

Звідси кількість бункерів зерна ЗК, що завантажуються в НП, дорівнює кількості ЗК ($m_{КП}$), які обслуговуються напівпричепом, і визначається як:

$$\rho = INT(8,33\omega_K \cdot d_B (\frac{1,11}{W_{KP}} + \frac{1}{W_{ШК}}) - 8,33t_{B-\Pi} - 0,667), \text{ од.} \quad (4)$$

Вибір вантажопідйомності НП виконується, виходячи з умови кратності вантажопідйомності кузова НП і бункера ЗК:

$$q_H \geq q_B \rho, \quad (5)$$

де q_H – номінальна вантажопідйомність кузова обраного НП.

Друга умова вибору марки НП: місткість кузова ω_H обраного НП повинна бути кратною місткості бункера комбайна:

$$\omega_H \geq \omega_K \rho. \quad (6)$$

Виходячи з виразів (5), (6) вибираємо відповідну за вантажопідйомністю q_H марку НП.

Кількість НП з тракторами, які одночасно працюють в полі:

$$n_{НП} = \text{CEILING} \frac{m_K}{\rho}, \quad (7)$$

З урахуванням умови поточності другої ланки, одержимо:

$$R_2 = I_2, \quad (8)$$

де R_2 – ритм роботи НП з трактором, год.;

I_2 – інтервал надходження АТ, год.

Ритм роботи НП з трактором визначається як:

$$R_2 = 0,08 + 0,12\rho + t_{B-П}, \text{ год.}, \quad (9)$$

Інтервал надходження АТ:

$$I_2 = \frac{t_{BП} + \frac{2l_{ij}}{v_T} + t_{BIB}}{n_{AT}}, \text{ год.} \quad (10)$$

Після підстановки значень з (9 та 10) в (8) та відповідного перетворення одержимо кількість автотягачів для перевезення зерна з рівняння:

$$n_{AT} = \text{CEILING} \frac{t_{OB}}{0,08 + 0,12\rho + t_{B-П}} = \text{CEILING} \frac{t_{B-П} + \frac{2l_{ij}}{v_T} + t_{BIB}}{0,08 + 0,12\rho + t_{B-П}}, \text{ од.}, \quad (11)$$

де t_{OB} – тривалість обороту АТ;

t_{BIB} – тривалість перебування АТ в пункті розвантаження, яка залежить від рівня механізації і організації робіт;

l_{ij} – відстань перевезення зерна з поля (пункту і) в пункт розвантаження (пункт j);

v_T – середня технічна швидкість автомобіля на шляху від поля на тік.

Загальна кількість НП, які потрібні для роботи ЗТК (рухаються та знаходяться під навантаженням), визначається за формулою:

$$П = \text{CEILING} n_{AT} \left(1 + \frac{n_{П}(t_H + t_{B-П})}{t_{B-П} + \frac{2l_{ij}}{v_T} + t_{BIB}} \right), \text{ од.}, \quad (8)$$

де t_H – середня тривалість навантажувальних операцій;

$$t_H = 0,08 + 0,12\rho, \text{ год.};$$

де $n_{П}$ – кількість навантажувальних пунктів на маршруті, $n_{П} = n_{НП}$.

Висновок. На підставі теоретичного аналізу роботи перевантажувального збирально-транспортного комплексу із

змінними автомобільними напівпричепами самоскидами обґрунтована методика визначення складу комплексу.

Список літератури

1. *Измайлов А.Ю.* Технологии и технические решения по повышению эффективности транспортных систем АПК / *А.Ю. Измайлов.* – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2007. – 200 с.
2. *Бурьянов А.И.* Технология, организация и планирование перевозок грузов на сельскохозяйственных предприятиях : монография / *А.И. Бурьянов.* – зерноград: ФГОУ ВПО АЧГАА, 2010. – 268 с.
3. *Капланович М.С.* Справочник по сельскохозяйственным транспортным работам / *М.С. Капланович.* – М.: Россельхозиздат, 1982. – 315 с.
4. *Зязев В.А.* Перевозки сельскохозяйственных грузов автомобильным транспортом / *Зязев В.А., Капланович М.С., Петров В.И.* – М.: Транспорт, 1979. – 253 с.
5. *Фришев С.Г.* Визначення раціональних параметрів технологічного ланцюга “зернові комбайни – причепа-перевантажувачі – автомобільні транспортні засоби” / *С.Г. Фришев, С.І. Козупиця* // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – К.: 2011. – Вип. 166, ч. 3. – С. 203–211.
5. *Воркут А.И.* Грузовые автомобильные перевозки / *А.И. Воркут.* – К.: Вища школа, 1986. – 447 с.

Обоснована методика определения состава уборочно-транспортного комплекса для зерновых культур с применением сменных автомобильных полуприцепов самосвалов.

Урожай зерновых, транспортировки, автомобильный полуприцеп, минимизация простоев транспорта, производительность.

The technique of determining the composition of harvesting and transport complex for crops with the use of replaceable automotive semi-trucks.

Grain harvest, transport, car trailer, minimizing downtime transport, productivity.