

МАШИНИ І ЗАСОБИ МЕХАНІЗАЦІЇ

УДК 631.3

ЕКОЛОГІЯ ВИРОЩУВАННЯ ВИНОГРАДУ

***В.О. Дубровін, доктор технічних наук
О.О. Броварець, кандидат технічних наук
Аль-Хазаалі Хайдер Раад Надим, аспірант***

Важливим аспектом вирощування винограду є зрошення. Значну віддачу від зрошення виноградників одержують, коли дотримуються строків, норм та якісно проводять поливи. Встановлено високу ефективність краплинного зрошення винограду. Традиційна система крапельного зрошення вимагає її удосконалення шляхом використання устаткування для моніторингу наявної вологи в ґрунті і здійснення відповідного поливу винограду. Ці завдання можна реалізувати шляхом розробки і здійснення СР-технології виноградарства, як для умов України, так і з урахуванням особливостей, властивих Іраку.

Виноград, СР-технології, моніторинг, екологія зрошення.

Постановка проблеми. Предмет екології винограду це структура і сукупність зв'язків між виноградною рослиною та умовами її існування в навколишньому середовищі, які зумовлюють ріст, розвиток, урожай та якість ягід. Слово "екологія" походить від двох грецьких слів: "ойкос" –житло, пристановище, "логос" – наука.

Елементи навколишнього середовища, які впливають на життєдіяльність рослин, називають екологічними факторами. Їх поділяють на дві групи: абіотичні (дія неживої природи) і біотичні (дія живих організмів). Вони в свою чергу поділяються на підгрупи та елементи: кліматичні (світло, температура, волога, атмосферні явища); едафічні (ґрунти та їх фізико-хімічні властивості, родючість, підґрунтя); орографічні (географічна місцевість, рельєф, експозиція схилів, водна поверхня тощо), а також фітогенні (бур'яни, сидерати, підщепи); зоогенні (мікроорганізми, гриби, ентомофауна) та антропогенні, які пов'язані з діяльністю людини (підготовка площ та закладання насаджень, система ведення, формування й обрізування кущів, обробіток ґрунту, удобрення, зрошення, хімічна меліорація та ін.) (рис. 1).

Аналіз останніх досліджень. Виноград – рослина теплого, помірного клімату, яка характеризується великою екологічною пластичністю.

***Науковий керівник – доктор технічних наук В.О. Дубровін**

© В.О. Дубровін, О.О. Броварець, Аль-Хазаалі Хайдер Раад Надим, 2014

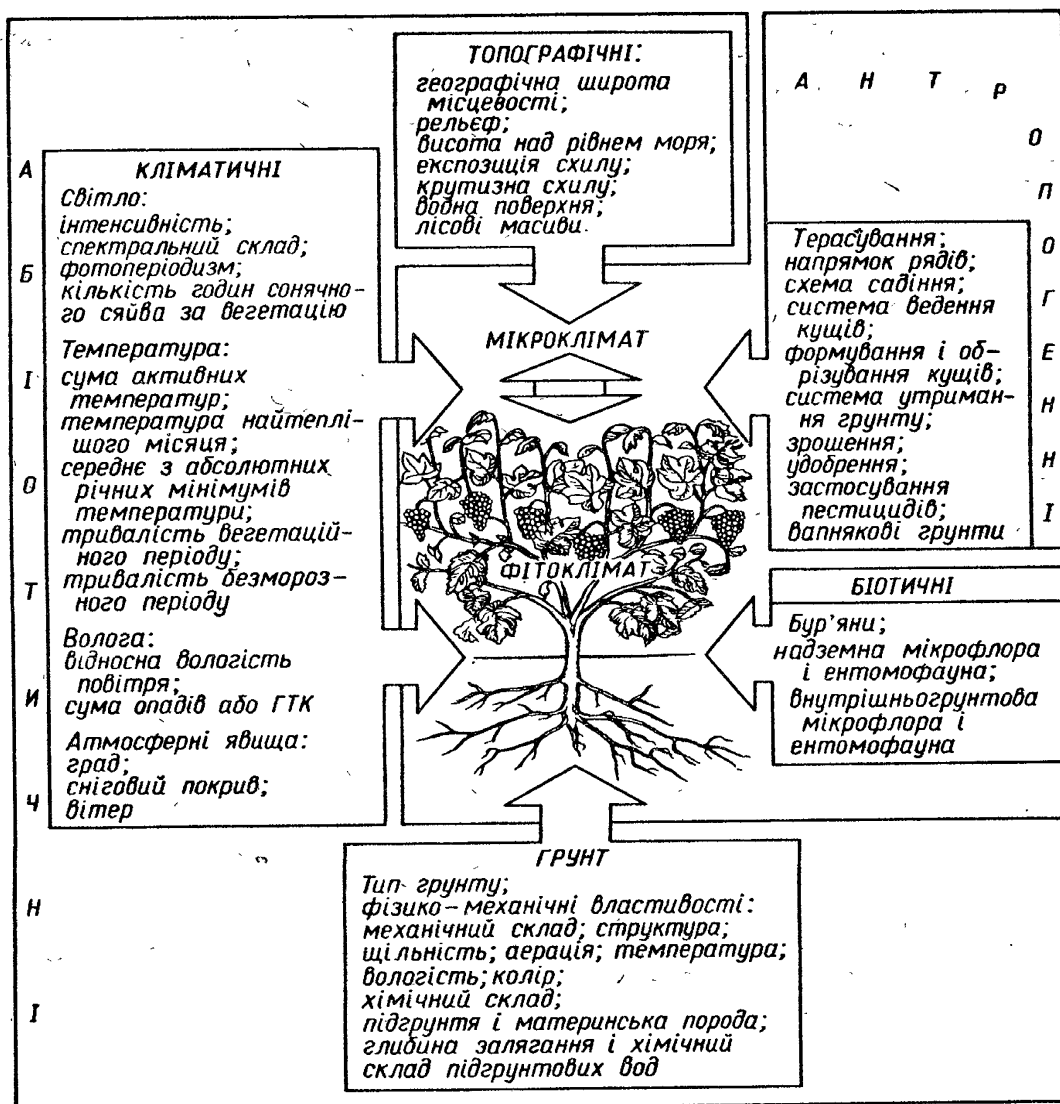


Рис. 1. Екологічні фактори, що впливають на виноградну рослину та її продуктивність.

Для оптимального розвитку європейських сортів винограду необхідні довге, тепле або жарке літо і помірно холодна зима» в межах помірного клімату промислова культура можлива тільки в окремих найсприятливіших екологічних зонах. Неукривна культура в деякій мірі ризикована через недостатню кількість тепла та невисоку морозостійкість сортів.

Значно зменшити ступінь ризику при неукривній культурі можна за рахунок ретельного добору ділянок для садіння кущів (схили південних експозицій, біля великих водойм, у добре захищених місцях від північних вітрів) і сортименту винограду, а також застосовуючи прогресивну агротехніку (внесення високих норм органо-мінеральних добрив під плантаж, штамові формування кущів з достатньою кількістю багаторічної деревини, раціональне обрізування і навантаження кущів у поєднанні з операціями із

зеленими частинами рослин, зрошення насаджень і якісний захист від хвороб та шкідників).

Світло – важливий енергетичний фактор у життєдіяльності винограду. Воно зумовлює фотосинтез у зелених частинах рослин. Виноград – світлолюбна рослина. Тільки при добрій освітленості кущів можна одержати високоякісний столовий і для технічної переробки виноград.

Для зелених рослин, у тому числі й винограду, особливе значення має фотосинтетична радіація (ФАР) – частина короткохвильової сонячної радіації у діапазоні хвиль 380–720 нм, яка поглинається хлорофілом листків і сприяє енергетичному забезпеченню фотосинтезу. Промислові виноградні насадження являють собою досить недосконалі фотосинтетично діючі системи. Коефіцієнт використання ФАР становить 0,5–2 % [1], що дає можливість використовувати потенціал урожайності сортів винограду лише на 15-20 %. Тому весь комплекс агротехнічних заходів має бути спрямований на максимальне використання космічних факторів (світла, тепла) (рис. 1) [1–5].

Вологість ґрунту і повітря – дуже важливі екологічні фактори, які зумовлюють довговічність та продуктивність винограду.

За даними проф. С.О. Мельника (1948), виноград найкраще росте і плодоносить тоді, коли річна сума опадів становить 800 – 700 мм і якщо вони рівномірно розподіляються. За меншої кількості опадів або при несприятливому їх розподілу по фазах вегетації урожай винограду знижується і погіршується якість ягід.

Мета досліджень. Нашою метою є дослідження впливу факторів на екологію вирощування винограду за різних існуючих технологій вирощування винограду.

Результати досліджень. Основною ланкою комплексу агротехнічних заходів під час вирощування винограду на поливних землях є раціональний режим зрошення, в якому визначені строки, норми та кількість поливів відповідно до потреби кущів. Режим зрошення повинен забезпечувати одержання високих доброякісних урожаїв ягід та не погіршувати фізико-хімічних властивостей ґрунту, екологічного стану земель.

У кожному конкретному випадку строки і норми поливу залежать від ґрунтово-кліматичних умов району, гідрологічного стану ділянки, способу поливу, віку насаджень, біологічних особливостей сортів, кількості опадів, водоспоживання кущі. Тому режим зрошення треба щорічно уточнювати стосовно конкретних умов господарства.

Для виноградників півдня України найбільше значення мають вологозарядкові та вегетаційні поливи, які становлять основу

раціонального режиму зрошення. Перспективним є застосування зволожувальних та удобрювальних поливів.

Вологозарядкові поливи проводять восени для створення запасів вологи у глибоких шарах ґрунту, щоб забезпечити кращу перезимівлю кущів та їх розвиток у перший період вегетації. Необхідність вологозарядки викликана тим, що майже щорічно восени ґрунт на виноградниках висихає до мертвого запасу вологи, а зимово-весняні опади не забезпечують оптимального зволоження активного шару на початку вегетації кущів. На плодоносних виноградниках високі запаси вологи, створені вологозарядкою, дають змогу підвищити навантаження кущів при обрізуванні, почати вегетаційні поливи у пізніші строки. В посушливу осінь дуже ефективні вологозарядкові поливи на ділянках плантажу, де планують садити шкілку або" виноград.

Вегетаційні поливи становлять основу режиму зрошення виноградників. За їх допомогою цілеспрямовано регулюються водний та поживний режими ґрунту в період вегетації, усувається негативна дія посухи. Висока ефективність зрошення винограду досягається при поєднанні вологозарядкових і вегетаційних поливів.

Зволожувальні поливи мають виняткове значення для укорінення щеп винограду в шкілці. їх призначення – створити оптимальний мікроклімат (вологість, температура повітря і ґрунту) у шкілці протягом 20-25 днів після садіння щеп. Такі поливи здійснюють за допомогою туманоутворюючих машин (ТОУ-7, переобладнані ДДД-100МА), тракторних обприскувачів тощо. Високий відсоток (до 90) укорінення щеп досягається тоді, коли дрібнодисперсне дощування проводять не рідше одного-двох разів на годину при підвищенні температури повітря вище 25 °С. При кожному поливі витрачають 400-1000 л/га води. Звичайно зволожувальні поливи є тільки доповненням до вегетаційних.

Удобрювальні поливи застосовують для оперативного регулювання поживного режиму ґрунту згідно з потребою рослин. Поживні елементи добрив у поливній воді знаходяться в іонній формі й швидко засвоюються рослинами. Для цих поливів використовують рідкі комплексні добрива, сечовину, амофос, хлористий калій. Особливо ефективні удобрювальні поливи при краплинному зрошенні. Для нормування та подачі добрив у поливну воду застосовують гідропідживлювач ГПД-50.

Визначення строків та норм поливу. Урожайність винограду значно залежить від своєчасних поливів. Дослідження, проведені в Криму, свідчать, що навіть короточасне зниження вологості ґрунту на винограднику до коефіцієнта в'янення призводить до

припинення росту ягід, який уже не відновлюється при наступному вегетаційному поливі [2].

У зрошуваному виноградарстві найпоширеніший метод визначення строків і норм поливу за величиною вологості в активному (де розміщується 80 % і більше всисних коренів кущів) шарі ґрунту» Для цього навесні по кожній ґрунтовій відміні визначають до глибини 1,2-1,5 м найменшу вологоємність (НВ), об'ємну масу та глибину зволожувального (активного) при поливах шару ґрунту.

На початку вегетації щодавно визначають вологість в активному шарі ґрунту. Коли вона знижується, до нижньої межі оптимальної вологості, починають поливати. Нижня межа оптимального зволоження ґрунту (до початку досягання ягід), залежно від гранулометричного складу, становить 50–75 % НВ. Глибина зволожуваного шару ґрунту при вологозарядці становить 1,2–1,5 м, при вегетаційних поливах – 1 м (табл. 1).

1. Основні показники поливного режиму виноградників.

Ґрунти	Нижня межа оптимальної вологості ґрунту	Найменша вологоємність	Межі оптимальної вологості, % НВ	Глибина зволоженого шару ґрунту, м	Об'ємна маса ґрунту, т/м ³	Норма поливу, м ³ /га
	% до маси абсолютно сухого ґрунту					
Чорноземи звичайні та південні:						
важкосуглинисті	18	24	100-75	1,0-1,2	1,30	780
середньосуглинисті	13,9	19,9	100-70	1,0-1,5	1,50	900
легкосуглинисті	11,7	18	100-65	1,0-1,3	1,41	890
супіщані	10,7	16,5	100-65	1,0-1,2	1,50	870
Піщані на річкових глинистих пісках	10,2	14,6	100-70	1,0-1,2	1,52	670
Дернові (піщані)	3,2	6,4	100-50	1,0-1,5	1,65	530

Норму вегетаційного поливу розраховують за формулою О.М. Костякова:

$$M \ll 100 \times H \times V \times (B - b),$$

де М – поливна норма, м³/га; Н – глибина зволожуваного шару ґрунту, м; V – об'ємна маса ґрунту, т/м³; В – НВ, % від маси сухого ґрунту; в – передполивна вологість ґрунту, % від маси сухого ґрунту.

В Інституті виноградарства і виноробства імені В.Є. Таїрова розроблено метод визначення строків поливу за величинами концентрації клітинного соку листків, які відповідають нижній межі

оптимального зволоження ґрунту. Він дає можливість оперативно і досить точно встановити строки поливів та в п'ять-шість разів скоротити затрати часу порівняно із традиційними методами.

Виробничий досвід свідчить, що на виноградниках, які закладено на чорноземах південних і поливають по борознах або дощуванням, восени проводять вологозарядковий та один-три вегетаційних поливи залежно від строків досягання сортів та кількості опадів протягом літа. Строк першого поливу орієнтовно припадає на середину червня (після закінчення цвітіння), а другого – на другу декаду липня. Для сортів раннього та середнього строків досягання двох поливів достатньо, а на виноградниках пізньостиглих сортів у першій-другій декаді серпня проводять третій полив. Поливи припиняють за два-чотири тижні до збирання врожаю.

При краплинному зрошенні, яке зумовлює локальне (18–30 % площі живлення кущів) зволоження ґрунту, традиційні методи визначення строків і норм поливів малопридатні через їх низьку оперативність і трудомісткість. Надійним методом визначення строків та норм поливу є розрахунковий, де використовують показники добових величин випаровування з водної поверхні, які визначають випарометром ГГІ-3000. Ці дані можна також одержати з найближчої (50–60 км) метеостанції. Дослідженнями встановлено, що оптимальний режим вологості ґрунту створюється, коли на чорноземах супіщаних поливна норма становить 0,5, а на важкосуглинкових – 0,65 від величини добового випаровування. Поливи проводять раз на декаду. Режим зрошення включає вологозарядку (250–300 м³/га) та 8-10 вегетаційних поливів (60–120 м³/га).

Способи і техніка зрошення виноградників. Способи і техніка поливів повинні забезпечувати рівномірне зволоження ґрунту по площі та на задану глибину, механізацію робіт і високу продуктивність праці, а також економне витрачання води.

У практиці зрошуваного виноградарства застосовують наземні способи поливу (по борознах, борознах-щідинах), дощування, підґрунтовий та краплинний.

Полив по борознах – найпоширеніший спосіб зрошення виноградників» Він дає добрі результати лише на ретельно спланованих ділянках при уклоні 0,002–0,005. У кожному міжрядді завширшки 3–3,5 м за допомогою ПРВМ-19000 нарізують дві-три борозни завглибшки 20–25 см. Віддаль між борознами на легких ґрунтах – 0,6 м, на середніх – 0,7–0,8 і на важких – 0,9–1,0 м. Поливні борозни нарізують на віддалі 0,7 м від осі ряду винограду.

Полив по борознах-щілинах застосовують на ділянках з нерівним рельєфом, на середньо- та важкосуглинкових ґрунтах. У міжрядді виноградинка центральним розпушувачем ПРВМ-53000 нарізують одну борозну-щілину завглибшки 45–50 см. Для утворення борозни у верхній частині стояка розпушувача приварюють полицю лістерного корпусу. При цьому борозна має глибину 20–25 см, ширину по верху 50–60 см та нижче дна щілину завглибшки 25 см. На віддалі 70 см від осі борозни ґрунт обробляють боковими розпушувачами на глибину 30–35 см.

Борозни-щілини дають можливість зрошувати площі насаджень з великими уклонами (до 0,01), вести полив збільшеним поливним струменем по довгих борознах (200–450 м), забезпечити добре зволоження ґрунту та значно підвищити продуктивність праці. Даний спосіб поливу дає змогу значно зменшити витрати вологи на фізичне випаровування, тому вже на другий-третій день є можливість провести зарівнювання (культивуацію) борозен-щілин.

Подачу і нормування води в поливні борозни здійснюють за допомогою поливних трубок, сифонів, переносних гнучких трубопроводів з регульованими водовипусками. Для обліку води, що надходить на ділянку, в голові тимчасового зрошувача або вивідної борозни встановлюють водозлив Чіполетті. Все це дає можливість рівномірно розподілити поливну воду на зрошуваному винограднику.

Полив дощуванням широко застосовують на виноградниках багатьох країн світу. Він забезпечує рівномірне зволоження ґрунту по площі, підвищує продуктивність праці на поливі та зменшує затрати праці. В Україні дощування перспективне при зрошенні виноградників на схилах і на піщаних масивах Лівобережного Нижньодніпров'я.

Для поливу виноградників дощуванням використовують стаціонарні зрошувальні системи, шлейфи ДШ-25/300, дощувальну машину ДФ-120 "Днепр", переобладнаний ДДА-100МА.

При організації території виноградинка для поливу за допомогою ДДА-100МА через кожні 100 м залишають дорогу завширшки 6 м для нарізування тимчасового зрошувача та проходу агрегату. Для глибшого зволоження ґрунту перед поливом міжряддя чизелюють на глибину 25–30 см. Кращі результати одержують, коли ДДА-100МА проходить по зрошуваній ділянці шість-вісім разів залежно від норми поливу. При нормі поливу 500 м³/га продуктивність праці становить 0,9 га/год.

Надійний захист кущів при дощуванні досягається своєчасним обприскуванням рослин фунгіцидами та припиненням поливу за 1,5–2 год до заходу сонця, щоб з листків випарувалася вода. Суттєвий

недолік поливу дощуванням – значні втрати води на фізичне випаровування.

Підґрунтове зрошення має ряд переваг перед іншими способами поливів. При цьому способі вода подається безпосередньо у кореневмісний шар ґрунту, досягається значна (у півтора-два рази порівняно з наземними поливами) економія води, відпадає потреба у нарізуванні борозен та після поливних культивацій, є можливість зрошувати несплановані площі та автоматизувати полив.

Недолік підґрунтового зрошення – заростання пористих зволожувачів коренями, що призводить до погіршення якості поливів, та висока вартість будівництва зрошувальних систем.

Краплинне зрошення з агротехнічної точки зору найповніше задовольняє потреби винограду у воді/ За допомогою мережі поліетиленових трубопроводів і крапельниць, встановлених на середині віддалі між кущами, вода подається кожній рослині (локально) невеликими нормами 5-12 л/год (по краплях), чим досягається значна її економія (у два-три рази). Внесення добрив з поливною водою в кореневмісний шар ґрунту дає можливість рослинам використовувати їх ефективніше, ніж при інших способах поливу, що зменшує норми внесення добрив наполовину. Цей спосіб поливу можна застосовувати на виноградниках із складним рельєфом, він не заважає одночасному проведенню інших операцій (культивуація, обприскування, підв'язування пагонів). Незаперечними перевагами краплинного зрошення є повна автоматизація технології поливу та вирівняна вологість ґрунту (80–90 %НВ) протягом активної вегетації винограду (рис. 2).

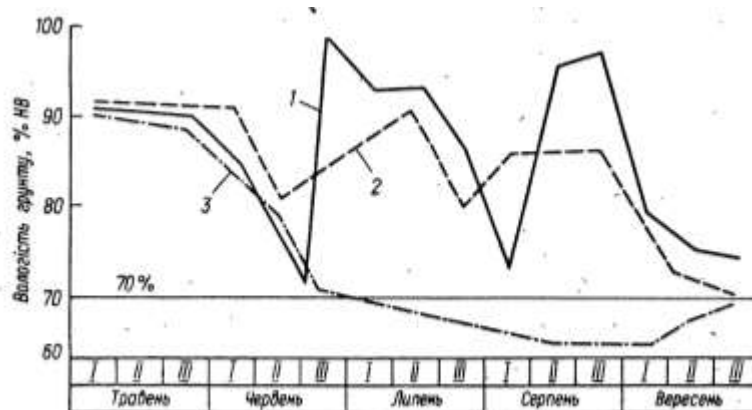


Рис. 2. Динаміка вологості ґрунту на винограднику: 1 – при поливі по борознах; 2 – при краплинному зрошенні; 3 – без зрошення.

При наземних способах поливу та дощуванні рослини під час поливу потрапляють у стресові умови, коли за короткий час

вологість ґрунту зростає від 70 до 100 %НВ. Краплинне зрошення створює рослинам добрі умови, внаслідок чого активізуються фізіологічні процеси, значно зростає урожайність винограду (табл. 1). Подальше технічне удосконалення системи краплинного зрошення (спрощення системи очищення води, зниження вартості будівництва та ін.) дасть можливість широко впроваджувати його у виноградарство півдня України, Особливо ефективно воно у фермерських господарствах та на присадибних і дачних ділянках.

Вагому віддачу від зрошення виноградників одержують, коли дотримуються строків, норм та якісно проводять поливи. Це досягається ретельним технологічним контролем за зрошенням, що дозволить цілеспрямовано вирощувати урожай із заданими параметрами величини та якості винограду. Високу ефективність зрошення можна очікувати тільки тоді, коли своєчасно, та якісно виконується весь комплекс агроприйомів зрошуваного виноградарства з урахуванням місцевих умов та біологічних особливостей сортів винограду, що неможливо без застосування сучасних інформаційно-технічних систем моніторингу стану сільськогосподарських угідь. Ці системи дають можливість з врахуванням фаз вегетації, визначеної середньодобової температуру повітря та кількості опадів визначити потребу винограду у волозі.

Перед початком фенологічних спостережень необхідно дати загальну характеристику умов вирощування винограду: ґрунт, рельєф, глибина залягання підґрунтових вод, наявність лісових насаджень, вік виноградних насаджень, сила росту кущів та їх габітус, тип формування куща, величина його навантаження та основні прийоми агротехніки.

Особливо цінним є спостереження за динамікою росту, визріванням пагонів, характером і ступенем обсіпання генеративних органів, за характером і ступенем стиглості ягід.

Інформація по цих показниках дає можливість виявити закономірності росту та розвитку, а також реакцію рослин на зміни умов навколишнього середовища.

Висновки

Виноград належить до рослин, які вживають значну кількість вологи, але можуть рости і при недостатній водозабезпеченості. При браку ґрунтової вологи менше засвоюються живильні речовини ґрунту, знижуються приріст виноградного куща і врожайність та якість.

Встановлено високу ефективність краплинного зрошення винограду. Традиційна система крапельного зрошення вимагає її удосконалення шляхом використання устаткування для моніторингу

наявної вологи в ґрунті і здійснення відповідного поливу винограду. Ці завдання можна реалізувати шляхом розробки і здійснення СР-технології виноградарства, як для умов України, так і з урахуванням особливостей, властивих Іраку.

Попередні розрахунки системи технічного, технологічного і інформаційного забезпечення показують, що це дозволить оптимізувати витрати води протягом вегетаційного періоду рослин при загальному зменшенні її потреби на 20 %.

Список літератури

1. Амирджанов А.Г. Солнечная радиация и продуктивность виноградника / А.Г. Амирджанов. – Л: Гидрометеиздат, 1980. – 208 с.
2. Ромащенко М.І. Мікро зрошення сільськогосподарських культур / М.І. Ромащенко, В.М. Корюненко, А.Т. Каленіков та ін. // Меліорація і водне господарство. – 2004. – Вип. 90. – С. 63–86.
3. Грановська Л.М. Обґрунтування досліджень з питань засолення та осолонцювання ґрунтів при застосуванні краплинного зрошення мінералізованими водами / Л.М. Грановська, О.Є. Тетюркіна // Таврійський науковий вісник. – Херсон: Айлант, 2006. – Вип. 44. – С. 188–190.
4. Ю. Сологубов Маленькие капли – большая прибыль / Ю. Сологубов // Агроогляд. – 09.12.2003 г.
5. Келлер Д. Проектирование систем капельного орошения / Д. Келлер, Д. Кармели. – К.: Укргипроводхоз, перевод № 76 / 578, 1976. – 166 с.

Важным аспектом выращивания винограда является орошение. Значительную отдачу от орошения виноградников получают, когда придерживаются сроков, норм и качества проведения поливов. Установлена высокая эффективность капельного орошения винограда. Традиционная система капельного орошения требует ее усовершенствования путем использования оборудования для мониторинга имеющейся влаги в почве и осуществления соответствующего полива винограда. Эти задания можно реализовать путем разработки и осуществления СР-технологии виноградарства, как для условий Украины, так и с учетом особенностей, свойственных Ираку.

Виноград, СР-технологии, мониторинг, экология орошения.

Irrigation is important aspect of viniculture. A considerable return from irrigation of vineyards is collected, when terms, norms and quality of conducting of watering, are adhered. High efficiency of tiny irrigation of vine is set. The traditional system of tiny irrigation requires its improvement by use of equipment for monitoring of present moisture in soil and realization of proper watering of vine. These tasks can be realized by development and realization of CP-technology of viticulture,

both for terms of Ukraine, and taking into account features incident to Iraq.

Vine, CP-technologies, monitoring, ecology of irrigation.

УДК 631.371:62-843

ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ПАРАМЕТРИ РОБОТИ ДВИГУНА ПРИ ЗАСТОСУВАННІ ДИЗЕЛЬНОГО БІОПАЛИВА

***Г.А. Голуб, доктор технічних наук
В.В. Чуба, інженер***

Приведено теоретичні залежності та запропоновано методику визначення експлуатаційних параметрів роботи дизельного двигуна в залежності від навантаження, типу та характеристик палива, виконано аналіз отриманих теоретичних залежностей та експериментальних даних. Встановлено вплив нагріву дизельного біопалива на ефективні показники роботи дизельного двигуна внутрішнього згорання.

Машино-тракторний агрегат, дизельне паливо, дизельне біопаливо, підігрів.

Постановка проблеми. Параметри агротехнологічного середовища змінюються в досить широких межах та впливають на техніко-економічні показники роботи машино-тракторного агрегату (МТА). Вирішення питання взаємозв'язку між параметрами МТА та показниками його роботи при виконанні технологічних операцій, дозволить виконати моделювання та отримати дані для оптимізації його роботи, що особливо важливо при застосуванні в якості палива дизельного біопалива (ДБП) на основі метилових ефірів жирних кислот рослинної олії.

Аналіз останніх досліджень. За результатами досліджень [1] відмічено зменшення потужності двигуна при переході на ДБП та вказано на необхідність урахування конструктивних особливостей та режимів роботи на потужність та паливо-економічні показники двигуна. За дослідженнями [2] для двигуна СМД-14 при застосуванні 100% ДБП відмічено зменшення максимальної ефективної потужності двигуна на 12 % та збільшення питомої витрати палива на 10-13%. У роботах [3, 4] авторами експериментально було

© Г.А. Голуб, В.В. Чуба, 2014

both for terms of Ukraine, and taking into account features incident to Iraq.

Vine, CP-technologies, monitoring, ecology of irrigation.

УДК 631.371:62-843

ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ПАРАМЕТРИ РОБОТИ ДВИГУНА ПРИ ЗАСТОСУВАННІ ДИЗЕЛЬНОГО БІОПАЛИВА

***Г.А. Голуб, доктор технічних наук
В.В. Чуба, інженер***

Приведено теоретичні залежності та запропоновано методику визначення експлуатаційних параметрів роботи дизельного двигуна в залежності від навантаження, типу та характеристик палива, виконано аналіз отриманих теоретичних залежностей та експериментальних даних. Встановлено вплив нагріву дизельного біопалива на ефективні показники роботи дизельного двигуна внутрішнього згорання.

Машино-тракторний агрегат, дизельне паливо, дизельне біопаливо, підігрів.

Постановка проблеми. Параметри агротехнологічного середовища змінюються в досить широких межах та впливають на техніко-економічні показники роботи машино-тракторного агрегату (МТА). Вирішення питання взаємозв'язку між параметрами МТА та показниками його роботи при виконанні технологічних операцій, дозволить виконати моделювання та отримати дані для оптимізації його роботи, що особливо важливо при застосуванні в якості палива дизельного біопалива (ДБП) на основі метилових ефірів жирних кислот рослинної олії.

Аналіз останніх досліджень. За результатами досліджень [1] відмічено зменшення потужності двигуна при переході на ДБП та вказано на необхідність урахування конструктивних особливостей та режимів роботи на потужність та паливо-економічні показники двигуна. За дослідженнями [2] для двигуна СМД-14 при застосуванні 100% ДБП відмічено зменшення максимальної ефективної потужності двигуна на 12 % та збільшення питомої витрати палива на 10-13%. У роботах [3, 4] авторами експериментально було

© Г.А. Голуб, В.В. Чуба, 2014

встановлено, що при однакових енергетичних показниках, економічність двигуна при роботі на метилових ефірах рослинної олії знижується від 12 до 20 %. У дослідженнях роботи двигуна Д-243 на рапсовому метиловому ефірі відмічено істотне збільшення годинної і питомої витрати палива [5].

Аналіз останніх досліджень показує, що на сьогодні виконано досить великий об'єм робіт, щодо експериментального визначення зміни витрати палива при переході на ДБП. Проте питання теоретичного прогнозування змін показників роботи МТА та визначення факторів, які впливають, на ефективність застосування ДБП залишаються недостатньо висвітленим та потребують проведення подальших досліджень.

Мета досліджень. Встановити закономірності зміни експлуатаційних показників роботи дизельного двигуна при використанні дизельного палива (ДП) нафтового походження та ДБП на основі рослинних олій. Визначити ефективність застосування нагріву ДБП перед його впорскуванням в циліндр двигуна внутрішнього згорання.

Результати досліджень. Енергетичний засіб у складі МТА забезпечує тягову силу для виконання переміщення та привід робочої машини, через передачу необхідної енергії за допомогою валу відбору потужності.

Згідно проведених нами досліджень [6], отримано залежність для визначення коефіцієнта зменшення ефективності використання ДБП у порівнянні з ДП, який визначається виразом:

$$k_{змДБП} = \frac{k_{ДБП}}{k_{ДБП}^{max}} = \frac{Q_{ндп} G_{дп}}{Q_{ндп} G_{дбп}} = \frac{\eta_{едбп}}{\eta_{едп}}, \quad (1)$$

звідки

$$\eta_{едбп} = \eta_{едп} k_{змДБП} = \frac{\eta_{едп} Q_{ндп} G_{дп}}{Q_{ндп} G_{дбп}}, \quad (2)$$

де $k_{змДБП}$ – коефіцієнт зменшення ефективності використання ДБП у порівнянні з ДП, відн. од.; $k_{ДБП}$ – фактичний коефіцієнт ефективності використання ДБП, відн. од.; $k_{ДБП}^{max}$ – максимальний коефіцієнт ефективності використання ДБП, відн. од.; $G_{дп}$ – годинна витрата ДП, кг/год; $G_{дбп}$ – годинна витрата ДБП, кг/год.; $Q_{ндп}$ – нижча теплотворна здатність ДП, Дж/кг; $Q_{ндбп}$ – нижча теплотворна здатність ДБП, Дж/кг; $\eta_{едп}$ – ефективний коефіцієнт корисної дії двигуна на ДП, відн. од.; $\eta_{едбп}$ – ефективний коефіцієнт корисної дії двигуна на ДБП, відн. од.

Ефективний ККД двигуна можна визначити згідно загальновідомої формули [7]:

$$\eta_E = \frac{3,6 \cdot 10^6}{g_E Q_H} = \frac{3,6 \cdot 10^3 N_E}{G Q_H}, \quad (3)$$

де η_E – ефективний коефіцієнт корисної дії двигуна, відн. од.; g_E – питома витрата палива, г/Вт год.; Q_H – нижча теплотворна здатність палива, Дж/кг; N_E – ефективна потужність двигуна, Вт; G – годинна витрата палива, кг/год.

Для виконання подальших теоретичних розрахунків параметрів роботи дизельного двигуна згідно формули (3), необхідно знати зміну ефективного коефіцієнта корисної дії в залежності від зміни потужності. Нами проаналізовано регуляторну характеристику роботи двигуна Д-65Н [8] на регуляторній гілці та отримано залежність зміни ефективного коефіцієнта корисної дії від завантаження двигуна та виконано її апроксимацію (рис. 1). Встановлено, що ефективний коефіцієнт корисної дії, в залежності від завантаження двигуна, з вірогідністю $R^2 = 0,986$ можна описати поліномом другого ступеню:

$$\eta_{ЕДП} = \alpha N_E^2 + \beta N_E + \gamma, \quad (4)$$

де α , β , γ – коефіцієнти апроксимації ($\alpha = -0,000176953$, $\beta = 0,014935465$, $\gamma = 0,040581582$).

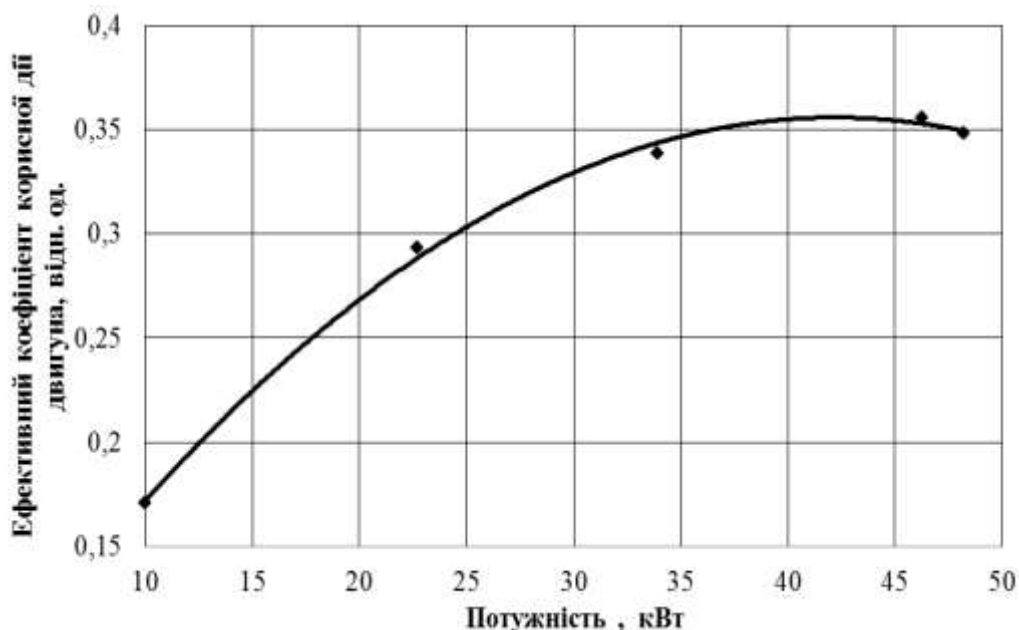


Рис. 1. Залежність ефективного коефіцієнта корисної дії двигуна Д-65Н на ДП від його завантаження.

Із виразу (3), годинна витрата дизельного палива становитиме:

$$G_{ДП} = \frac{3,6 \cdot 10^3 N_E}{Q_{НДП} \eta_{ЕДП}} = \frac{3,6 \cdot 10^3 N_E}{Q_{НДП} (\alpha N_E^2 + \beta N_E + \gamma)}. \quad (5)$$

Зміна ефективного коефіцієнта корисної дії двигуна Д-65Н згідно з його регуляторної характеристики показує, що найефективніше двигун переводить хімічну енергію ДП в ефективну роботу при завантаженні близькому до 40 кВт. Для даного двигуна це відповідає його завантаженню на рівні 85-90 %. Цей діапазон завантаження двигуна енергозасобу відповідає оптимальному до якого доцільно наблизитися при формуванні МТА при виконанні технологічних операцій. На нашу думку, для отримання адекватних даних, при визначенні коефіцієнта зменшення ефективності використання ДБП, доцільно порівнювати витрату палива двигуном саме при даному завантаженні.

Із виразу (5) годинна витрата дизельного біопалива становитиме:

$$G_{ДБП} = \frac{3,6 \cdot 10^3 N_E}{Q_{НДБП} \eta_{ЕДП} k_{ЗМДБП}} = \frac{3,6 \cdot 10^3 N_E}{Q_{НДБП} (\alpha N_E^2 + \beta N_E + \gamma) \left(\frac{Q_{НДП} G_{ДП}^{ОПТ}}{Q_{НДБП} G_{ДБП}^{ОПТ}} \right)}, \quad (6)$$

де $G_{ДП}^{ОПТ}$, $G_{ДБП}^{ОПТ}$ – відповідно годинна витрата ДП та ДБП в оптимальному діапазоні, кг/год.

Для визначення експлуатаційних показників роботи дизельного двигуна, виконано порівняльні стендові випробування роботи двигуна Д-65Н. Отримано характеристики дизельного двигуна на регуляторній гілці, при роботі на ДП нафтового походження, ДБП на основі метилових ефірів жирних кислот ріпакової олії та з застосуванням підігріву ДБП перед впорскуванням до циліндра. Для виконання стендових досліджень виконано модернізацію штатної системи живлення трактора ПМЗ-6 АКЛ згідно [9], температуру нагріву ДБП було прийнято на рівні 120 С, що відповідає результатам раніше проведених досліджень [10]. Для перевірки адекватності отриманої методики визначення зміни експлуатаційних показників роботи дизельного двигуна, виконано розрахунки при застосуванні відповідного типу палива та виконано порівняння отриманих теоретичних та експериментальних даних (табл. 1). При проведенні теоретичних розрахунків значення нижчої теплотворної здатності дизельного палива прийнято на рівні 41 МДж/кг, дизельного біопалива – 37 МДж/кг.

На базі отриманих теоретичних та експериментальних даних побудовано графіки (рис. 2, рис. 3) зміни коефіцієнта корисної дії двигуна Д-65Н та його питомих витрат палива від зміни навантаження, з нанесенням експериментальних точок та теоретичних характеристик відповідно для ДП та ДБП без та з застосуванням нагріву палива перед впорскуванням.

1. Значення експериментальних та теоретичних точок регуляторної характеристики роботи двигуна Д-65Н на регуляторній гілці.

Дизельне паливо					
1	2	3	4	5	6
Потужність, кВт	10,28	20,39	30,08	39,96	45,73
Годинна витрата палива, кг/год.	4,86	6,36	8,33	9,96	11,76
Питома витрата палива, г/кВт год.	473	312	277	249	257
Коефіцієнт корисної дії двигуна, від. од.	0,1857	0,2815	0,3171	0,3523	0,3414
Розрахунковий коефіцієнт корисної дії двигуна, від. од.	0,1754	0,2715	0,3297	0,3548	0,3535
Різниця між практичним та розрахунковим ККД двигуна, %	1,03	1,00	1,27	0,26	1,21
Розрахункова годинна витрати палива, кг/год.	5,15	6,59	8,01	9,89	11,36
Розрахункова питома витрата палива, г/кВт год.	501	323	266	247	248
Відхилення розрахункової питомої витрати палива від експериментальної, %	5,88	3,67	3,84	0,72	3,42
Дизельне біопаливо без підігріву					
Потужність, кВт	10,28	20,36	30,18	39,89	45,61
Годинна витрата палива, кг/год.	5,72	7,36	9,78	11,95	13,68
Питома витрата палива, г/кВт год.	556	361	324	300	300
ККД двигуна, від. од.	0,1749	0,2692	0,3002	0,3248	0,3244
Коефіцієнт зменшення ККД двигуна, від. од.	0,924	0,924	0,924	0,924	0,924
Розрахунковий коефіцієнт корисної дії двигуна, від. од.	0,1620	0,2506	0,3049	0,3277	0,3266
Різниця між практичним та розрахунковим ККД двигуна, %	1,29	1,86	0,47	0,29	0,23
Розрахункова годинна витрати палива, кг/год.	6,17	7,91	9,63	11,84	13,59
Розрахункова питома витрата палива, г/кВт год.	601	388	319	297	298
Відхилення розрахункової питомої витрати палива від експериментальної, %	7,93	7,41	1,53	0,88	0,69
Дизельне біопаливо з підігрівом					
Потужність, кВт	9,71	18,70	29,23	37,66	45,61
Годинна витрата палива, кг/год.	5,23	6,61	9,17	10,90	13,10
Питома витрата палива, г/кВт год.	539	353	314	289	287
ККД двигуна, від. од.	0,1806	0,2753	0,3100	0,3362	0,3388
Коефіцієнт зменшення ККД двигуна, від. од.*	0,953	0,953	0,953	0,953	0,953
Розрахунковий коефіцієнт корисної дії двигуна, від. од.	0,1610	0,2460	0,3107	0,3356	0,3372

Продовження табл. 1

Дизельне паливо					
1	2	3	4	5	6
Різниця між практичним та розрахунковим ККД двигуна, %	1,96	2,93	0,07	-0,05	-0,16
Розрахункова годинна витрати палива, кг/год.	5,87	7,40	9,15	10,92	13,16
Розрахункова питома витрата палива теоретична, г/кВт год.	604,20	395,60	313,12	289,88	288,57
Відхилення розрахункової питомої витрати палива від експериментальної, %	12,18	11,92	0,24	0,16	0,47

* значення витрати палива отримано методом інтерполяції, виходячи із витрати палива при навантаженні 38 кВт.

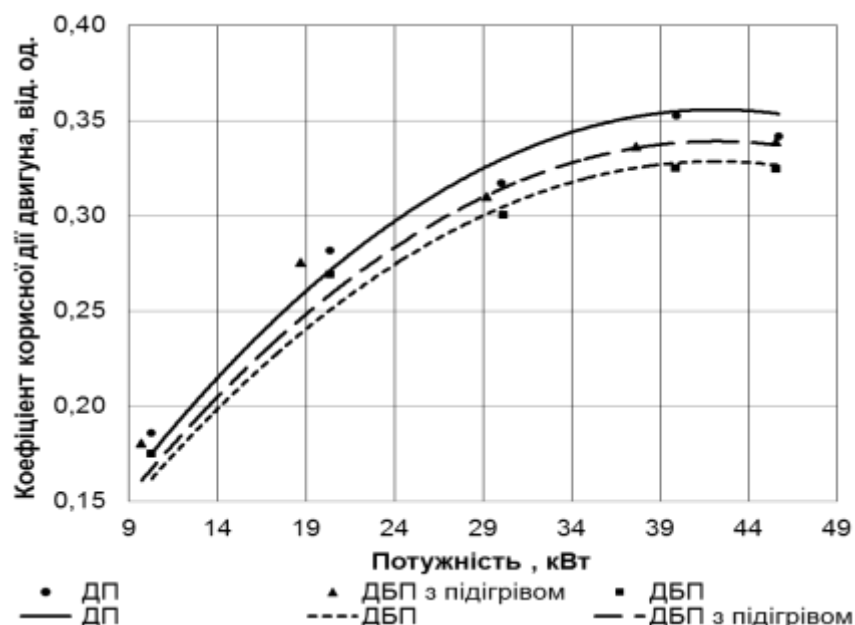


Рис. 2. Зміна коефіцієнта ефективності використання палива дизельним двигуном внутрішнього згорання.

Аналіз отриманих експериментальних та теоретичних даних зміни коефіцієнта корисної дії двигуна підтверджує відповідність розрахункових даних експериментальним. Так максимальне відхилення розрахункового значення коефіцієнта корисної дії двигуна від експериментального для ДП склало 1,27 % при навантаженні 30 кВт, для ДБП без підігріву 1,86 % при навантаженні 20 кВт та 2,93 % для ДБП з підігрівом при навантаженні близькому до 19 кВт. Застосування нагріву ДБП перед впорскуванням в циліндр двигуна сприяє покращенню його згорання, як наслідок відбувається підвищення коефіцієнта корисної дії двигуна на величину від 2,2 до 4,2 % в залежності від величини навантаження.

Аналіз показує, що значення показників питомої витрати палива отримані розрахунковим шляхом відповідають

експериментальним. Так максимальне відхилення розрахункової питомої витрати ДП від експериментальної склало менше 6 % при навантаженні 10,28 кВт, на ДБП без підігріву палива – 7,93 % при 10,28 кВт та 12,93 % із застосування підігріву ДБП при навантаженні 9,71 кВт. Проте слід зазначити, що відхилення розрахункової питомої витрати палива від експериментальних даних в інтервалі навантаження від 30 до 45 кВт, не перевищило 4%.

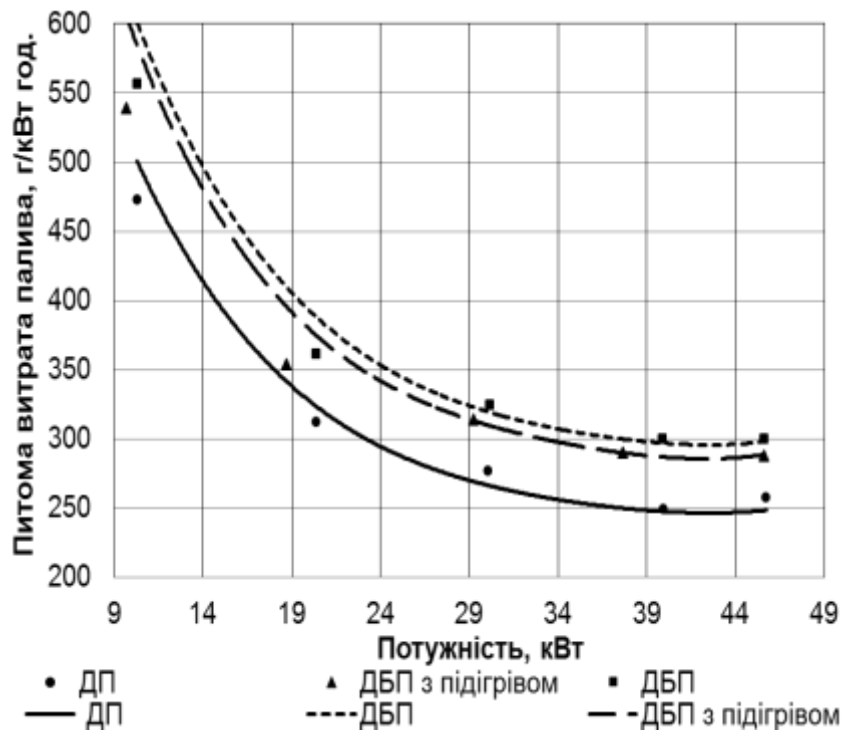


Рис. 3. Зміна питомих витрат палива на ДП та ДБП із застосуванням підігріву та без нього в залежності від ефективної потужності двигуна.

Висновки

Аналіз результатів експериментальних досліджень дозволяє стверджувати, що підігрів ДБП перед впорскуванням у циліндр двигуна сприяє покращенню його згорання, як наслідок, відбувається підвищення ККД двигуна та спостерігається зменшення питомої витрати в середньому близько 4%.

Проведений аналіз експлуатаційних показників роботи дизельного двигуна на різних типах палива отриманих розрахунковим та експериментальним шляхом, дозволяє стверджувати про адекватність отриманих математичних залежностей та можливість застосування запропонованої методики для прогнозування зміни витрати палива в залежності від завантаження двигуна, типу та характеристик палива, що застосовується при роботі МТА.

Список літератури

1. *DI. Herbert Lampel. Alternative fuels for diesel engines // OECD Annual Meeting. Paris, 2007. 222.116. EUCAJR / CONCAVE / JRC, Nov. 2003*
2. *Войтов В. Техніко-експлуатаційні та екологічні показники дизельних двигунів з використанням біодизеля / В. Войтов, М. Карнаух, М. Даценко // Техніка і технології АПК. – 2009. – № 1. – С. 13–17.*
3. *Черненко С.М. Економічні та енергетичні показники роботи дизельного двигуна при використанні біопалива з ріпаку / С.М. Черненко, А.Г. Атамась // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету імені Миколи Остроградського. – Кременчук, 2007. – Вип. 2, ч. 2. – С. 85–89.*
4. *Ивановский В.Г. Анализ параметров рабочего процесса судового среднеоборотного двигателя при работе на биодизеле [текст] / В.Г. Ивановский, Р.А. Варбанец, В.М. Горбов, В.С. Митенкова // Авиационно-космическая техника и технология. – 2009. – № 8 (65). – С. 102–106.*
5. *Попов Д.В. Покращення екологічних показників дизельних двигунів / Д.В. Попов, І.І. Линник // Вісник Донецької академії автомобільного транспорту. – 2011. – № 4. – С. 79–82.*
6. *Голуб Г.А. Визначення тягової сили енергозасобів при роботі на дизельному біопаливі / Г.А. Голуб, В.В. Чуба // Механізація та електрифікація сільського господарства. – Глеваха: ННЦ "ІМЕСГ", 2013. – Вип. 98, т. 2. – С. 135–145.*
7. *Николаенко А.В. Теория, конструкция и расчет автотракторных двигателей / А.В. Николаенко. – М.: Колос, 1984. – 335 с.*
8. *Протокол №29-105-84 (2014410) периодических испытаний трактора ЮМЗ-6АЛ изготовления 1983 года. / ВНИИМОЖ. – Васильков, 1984. – 117 с.*
9. *Трегуб М.І. Спосіб температурної підготовки пального на двигунах / М.І. Трегуб, В.В. Чуба // Патент на корисну модель № 21673 України, МПК (2006) P02M 31/02., бюл. №3., 2007.*
10. *Голуб Г.А. Напрямки удосконалення виробництва і використання дизельного біопалива / Голуб Г.А., Чуба В.В., Павленко М.Ю. // Збірник наукових праць Вінницького державного аграрного університету. – Вінниця, 2012. – Вип. 10, т.1. – С. 20–23.*

Приведены теоретические зависимости и предложена методика определения изменения эксплуатационных параметров работы дизельного двигателя в зависимости от нагрузки, типа и характеристик топлива, выполнен анализ полученных теоретических зависимостей и экспериментальных данных. Установлено влияние нагрева дизельного биотоплива на эффективные показатели работы дизельного двигателя внутреннего сгорания.

Машинотракторный агрегат, дизельное топливо, дизельное биотопливо, подогрев.

It showed theoretical dependence and given method for determination of technical and operational parameters changing of diesel engine operation beholds load, type and characteristics of fuel, analysis of obtained theoretical dependences and experimental data. It is effect of

diesel fuel heating for effective performance of diesel internal combustion engine.

Power tool, diesel fuel, diesel biofuels, heating.

УДК 631.3.004.67

МОДЕЛЬ СИСТЕМИ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ФОРМУВАНЬ ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ ПРИ ЇХ СЕРТИФІКАЦІЇ

В.Д. Войтюк, доктор технічних наук

Приведено результати наукових досліджень визначення показників якості формувань технічного сервісу. Розроблена модель системи показників якості формувань технічного сервісу при їх сертифікації. Розроблені групи техніко-економічних показників якості і показників якості технології і безпеки технічного сервісу.

Технічний сервіс, сільськогосподарська техніка, стандартизація, показники якості.

Постановка проблеми. Перші правові акти в Україні були опубліковані у 1993 році Декрет Кабінету Міністрів України „Про стандартизацію і сертифікацію та „Перелік продукції, що підлягає обов’язковій сертифікації в Україні”. В 1996 році друкуються деякі нові ДСТУ які установлюють основні принципи, структуру та правила існуючій Державній Системи сертифікації – УкрСЕПРО. Сертифікація повинна в цілому забезпечити убезпечення життя та здоров’я людей, захисту їхнього майна, а також охорони навколишнього природного середовища. В Україні існує єдина Система сертифікації – УкрСЕПРО, яка здійснює такі взаємопов’язані види діяльності: сертифікація продукції (процесів, послуг); атестація виробництв; сертифікація систем якості.

Найбільш важливим є необхідність розгляду управління якістю продукції (товарів, робіт та послуг), формування загальної культури якості і постійне удосконалення управління якістю у галузі агропромислового комплексу. Програмою дії Уряду України визначено „Про заходи щодо підвищення якості вітчизняної продукції” сформульована державна політика у сфері управління якістю, яка базується, на підтримці та стимулюванні зусиль, підприємств та організацій в їх намаганні задовольнити потреби

© В.Д. Войтюк, 2014

diesel fuel heating for effective performance of diesel internal combustion engine.

Power tool, diesel fuel, diesel biofuels, heating.

УДК 631.3.004.67

МОДЕЛЬ СИСТЕМИ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ФОРМУВАНЬ ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ ПРИ ЇХ СЕРТИФІКАЦІЇ

В.Д. Войтюк, доктор технічних наук

Приведено результати наукових досліджень визначення показників якості формувань технічного сервісу. Розроблена модель системи показників якості формувань технічного сервісу при їх сертифікації. Розроблені групи техніко-економічних показників якості і показників якості технології і безпеки технічного сервісу.

Технічний сервіс, сільськогосподарська техніка, стандартизація, показники якості.

Постановка проблеми. Перші правові акти в Україні були опубліковані у 1993 році Декрет Кабінету Міністрів України „Про стандартизацію і сертифікацію та „Перелік продукції, що підлягає обов’язковій сертифікації в Україні”. В 1996 році друкуються деякі нові ДСТУ які установлюють основні принципи, структуру та правила існуючій Державній Системи сертифікації – УкрСЕПРО. Сертифікація повинна в цілому забезпечити убезпечення життя та здоров’я людей, захисту їхнього майна, а також охорони навколишнього природного середовища. В Україні існує єдина Система сертифікації – УкрСЕПРО, яка здійснює такі взаємопов’язані види діяльності: сертифікація продукції (процесів, послуг); атестація виробництв; сертифікація систем якості.

Найбільш важливим є необхідність розгляду управління якістю продукції (товарів, робіт та послуг), формування загальної культури якості і постійне удосконалення управління якістю у галузі агропромислового комплексу. Програмою дії Уряду України визначено „Про заходи щодо підвищення якості вітчизняної продукції” сформульована державна політика у сфері управління якістю, яка базується, на підтримці та стимулюванні зусиль, підприємств та організацій в їх намаганні задовольнити потреби

© В.Д. Войтюк, 2014

споживачів на основі підвищення якості та конкурентоспроможності продукції, розвитку та впровадженню найновітніших методів управління якістю.

Аналіз останніх досліджень. В Україні майже не ведуться наукові дослідження в галузі забезпечення якості та управління якістю. Більшість вітчизняних підприємств не застосовують сучасні методи підвищення якості та ділової досконалості, які базуються на принципах всеохоплюючого управління якістю (TQM), та мають широке поширення в Європі і світі. Відсутня підтримка, популяризація досвіду окремих підприємств України, що накопичили значний досвід системного управління якістю та досягли високого рівня ділової досконалості, не налагоджена система взаємодії та обміну досвідом між ними. В основу сучасних систем управління якістю покладено досвід, який було напрацьовано за останні десятиріччя в галузі контролю та управління якістю продукції. Підприємства України пройшли свій шлях у розвитку систем контролю та управління якістю від простих систем технічного контролю, систем бездефектного виготовлення продукції та бездефектної праці до комплексних систем управління якістю продукції (КСУКП).

Мета досліджень. Підвищення ефективності послуг, що надаються формуваннями технічного сервісу за рахунок розробки моделі системи показників їх якості при сертифікації.

Результати досліджень. При розробці сільськогосподарської техніки (далі – СГТ) використовується номенклатура показників, які регламентовані стандартами і нормативними документами на її виготовлення. Оцінка якості СГТ виконується по методах регламентованих в технічних умовах на виготовлення. В системі управління якістю продукції передбачається формулювання вимог до параметрів показників продукції і методів їх оцінки [23].

Види сільськогосподарської техніки, які підлягають обов'язковій сертифікації регламентовані “Переліком продукції, що підлягає обов'язковій сертифікації в Україні”, затвердженим наказом Державного комітету України з питань технічного регулювання та споживчої політики від 1 лютого 2005 року №28. В той же час, вказані нормативні документи не завжди обумовлюють однозначно перелік показників якості СГТ і методи сертифікаційних випробувань. Їх загальна кількість перевищує декілька десятків найменувань. При існуючих принципах опису не забезпечується оперативність уявлення їх в системі показників якості.

Відповідно “Переліку продукції, що підлягає обов'язковій сертифікації в Україні” були визначені види СГТ, що підлягають сертифікаційним випробуванням [16]. До них відносяться: дорожні транспортні засоби, їх складові частини та приладдя, у тому числі:

автомобілі пасажирські, їх кузови та шасі, автомобілі вантажні, їх кузови та шасі, автобуси, тролейбуси, їх кузови та шасі, причеми та напівпричеми, їх кузови та шасі, мопеди, легкі мотоцикли, мотоцикли, моторолери, складові частини дорожньо-транспортних засобів та приладдя; техніка сільськогосподарська, у тому числі: машини для підготовки та обробки ґрунту, машини для посіву і садіння, засоби застосування пестицидів і агрохімікатів, машини для збирання урожаю і після збиральної обробки зерна, машини навантажувальні-розвантажувальні транспортні, допоміжні, машини для тваринництва, машини і обладнання для птахівництва, машини для заготівлі і приготування кормів.

На жаль, в “Переліку продукції, що підлягає обов’язковій сертифікації в Україні” відсутні трактори, як основні мобільні енергетичні засоби у виробництві сільськогосподарської продукції, а також технічний сервіс, як об’єкт виробництва.

Система управління якістю продукції в стандартах ДСТУ ISO 9001-2009, ДСТУ ISO 9004-2001 розглядається по п’яти розділах [2-14]: система управління якістю; відповідальність керівництва; управління ресурсами; випуск продукції; вимірювання, аналізування та поліпшення.

Випуск продукції пов’язаний з розробкою і проектуванням продукції і обґрунтуванням вимог до неї. Ці питання широко у загальному вигляді розглянуті в нормативних документах. Принципи розробки продукції регламентовані в ГОСТ 15.001-88 “Система разработки и постановки продукции на производство”, номенклатура показників наведена в ГОСТ 22851-77 “Выбор номенклатуры показателей качества промышленной продукции. Основные положения”. Вимоги більш конкретно описані в технічних умовах на виготовлення сільськогосподарської техніки. Для деяких видів вони найбільш широко розглянуті в наведених технічних умовах.

При обґрунтуванні номенклатури показників якості доцільно визначитися до якої групи продукції відноситься СГТ. Враховуючи положення пунктів 24 і 25 “Переліку продукції...” повнокомплектна техніка відноситься до виробів, що підлягають ремонту, а деякі складові частини відносяться до виробів, що не підлягають ремонту.

Обґрунтування вибору номенклатури показників якості доцільно проводити з обліком: призначення і умов використання продукції; аналізу вимог споживачів; задач управління якістю продукції; складу і структури властивостей, що характеризуються; основних вимог до показників якості. З урахуванням цього доцільно розглядати наступні нормовані показники якості пристосовано до сільськогосподарської техніки та її складових частин, що вказані в табл. 1. Стандарт 22851-77 встановлює наступну номенклатуру

основних груп показників якості по властивостях продукції (Табл. 1), що характеризуються ними.

1. Групи показників якості сільськогосподарської техніки.

№ п/п	Найменування групи показників якості СГТ	Позначення	Кількість підгруп показників	Група СГТ	
				ті, що не підлягають ремонту	ті, що підлягають ремонту
1	Показники призначення	П	9		
2	Показники економічного використання сировини, матеріалів, палива і енергії	Е	7	+	+
3	Показники надійності	Н		+	+
3.1	Безвідмовності	Н _б	3	+	+
3.2	Довговічності	Н _д	12	+	+
3.3	Ремонтопридат- ності	Н _р	2	-	+
3.4	Збереженості	Н _з	2	+	+
4	Показники ергономічні	Е _р	4	+	+
5	Показники естетичні	Е _с	8	+	+
6	Показники технологічні	Т _{ех}	4	+	+
7	Показники транс- портабельності	Т _р	5	+	+
8	Показники стандартизації і уніфікації	С _{ту}	4	+	+
9	Показники патентно- правові	П _п	3	+	+
10	Показники екологічні	Е _к	2	+	+
11	Показники безпеки	Б	3	+	+

При оцінці рівня якості продукції необхідно враховувати економічні показники, що характеризують витрати на розробку, виготовлення, експлуатацію або споживання продукції. Для характеристики розсіювання фактичних значень певного показника якості у різних одиниць продукції одного вигляду слід застосовувати показники однорідності. Залежно від специфічних особливостей СГТ і умов її застосування деякі групи показників якості, приведені в табл. 1, можуть бути відсутніми. При необхідності вводяться інші групи показників якості, характерні для даної машини або складової частини. Показники призначення характеризують властивості СГТ,

що визначають основні функції, для виконання яких вона призначена, і обумовлюють область її застосування.

Прикладами показників призначення можуть служити такі показники: продуктивність; максимальна і мінімальна швидкості; потужність; маневреність; прохідність; вміст корисної речовини; вміст шкідливих домішок; мінімально допустима температура зовнішнього повітря.

До показників економного використання сировини, матеріалів, палива і енергії відносяться: питомі витрати сировини (матеріалів); витрати сировини (матеріалів) при регламентованих умовах; питомі витрати палива; питомі витрати енергії (енергоносія); коефіцієнт корисної дії; витрати палива при заданому (регламентованому) режимі експлуатації; витрати енергії (енергоносія) при заданому (регламентованому) режимі експлуатації виробу.

Показники надійності характеризують властивості: безвідмовності; довговічності; ремонтпридатності; збереження.

Ергономічні показники характеризують систему «людина-виріб (зокрема, «людина-машина»)» і враховують комплекс таких властивостей людини: гігієнічних; антропометричних; фізіологічних; психологічних. Вони виявляються у виробничих і побутових процесах.

Естетичні показники характеризують інформаційну виразність, раціональність форми, цілісність композиції і досконалість виробничого виконання продукції. До естетичних показників відносяться: стильова відповідність; відповідність моді; функціонально-конструктивна пристосованість; організованість об'ємно-просторової структури; колірний колорит; якість покриття і обробки поверхні; чистота виконання сполучень, округлості і поверхонь, що сполучаються; чіткість виконання фірмових знаків, показників і упаковки.

Показники технологічності характеризують властивості продукції, обумовлюючи оптимальний розподіл витрат матеріалів, засобів праці і часу при технологічній підготовці виробництва, виготовлення і експлуатації продукції. До них відносяться: трудомісткість виготовлення продукції; технологічна собівартість виробу; відносна трудомісткість підготовки виробу до функціонування; питома вартість ремонтів.

Показники транспортабельності характеризують пристосованість продукції до переміщення в просторі (транспортуванню), що не супроводжується її використанням або споживанням. До них відносяться: середня тривалість підготовки продукції до транспортування; середня трудомісткість підготовки продукції до транспортування; середня тривалість установки

продукції на засіб транспортування певного вигляду; коефіцієнт використання об'єму засобу транспортування; середня тривалість розвантаження партії продукції із засобу транспортування певного вигляду.

Показники стандартизації і уніфікації характеризують насиченість продукції стандартними, уніфікованими і оригінальними частинами, а також рівень уніфікації з іншими виробами. До них відносяться: коефіцієнт вживаності; коефіцієнт повторюваності; коефіцієнт взаємної уніфікації; коефіцієнт уніфікації для групи виробів. Патентно-правові показники характеризують ступінь, оновлення технічних рішень, використаних в продукції, їх патентний захист, а також можливість безперешкодної реалізації продукції в Україні і за кордоном. До них відносяться: патентний захист; патентна чистота; територіальне розповсюдження.

Показники екологічні характеризують рівень шкідливих дій на навколишнє середовище, виникаючих при експлуатації або споживанні продукції. При виборі і визначенні цих показників необхідно враховувати вимоги з довілля охорони. До них відносяться: вміст шкідливих домішок, що викидаються в навколишнє середовище; вірогідність викидів в навколишнє середовище шкідливих частинок, газів, випромінювань при зберіганні, транспортуванні, експлуатації або споживанні продукції.

Показники безпеки характеризують особливості продукції, що обумовлюють при її використанні безпеку обслуговуючого персоналу. До них відносяться: вірогідність безвідмовної роботи; час спрацьовування захисних пристроїв; електрична міцність ізоляції струмопровідних частин виробу, з якими можливе зіткнення людини.

Систему вищевказаних 11 груп показників для оперативності їх уявлення доцільно описати аналітичним виразом з теорії множин:

$$\{\Omega\}=\{P\}\cup\{E\}\cup\{H\}\cup\{E_p\}\cup\{E_c\}\cup\{T_{ex}\}\cup\{T_p\}\cup\{C_{ty}\}\cup\{P_n\}\cup\{E_k\}\cup\{B\}. \quad (1)$$

Враховуючі склад підгруп показників 11 груп (Табл. 1) загальна кількість підгруп складає 68:

$$\sum_{1}^{11} 3 = \sum_{1}^9 P + \sum_{1}^7 E + \sum_{1}^{19} H + \sum_{1}^4 E_p + \sum_{1}^8 E_c + \sum_{1}^4 T_{ex} + \sum_{1}^5 T_p + \sum_{1}^4 C_{ty} + \sum_{1}^3 P_n + \sum_{1}^2 E_k + \sum_{1}^3 B = 68 \quad (2)$$

Для визначення безпосередньої кількості показників якості, що підлягають контролю конкретної машини доцільно використовувати стандарти ДСТУ 2860-94, ГОСТ 14.201-83, ГОСТ 14.202-73, ГОСТ 14.205-83, ГОСТ 12971-67, ГОСТ 14192-96, ГОСТ 16456-70 [11-17], стандарти ЕСТПП, ССБТ і креслення. При сертифікаційних випробуваннях доцільно оцінювати групи економічних, ергономічних, екологічних показників, показників безпеки і інших з урахуванням конкретної машини. Кількість підгруп, що підлягають оцінці при

сертифікаційних випробуваннях складає біля 16, тобто біля 25 % від їх загальної кількості.

На підставі проведених вище досліджень були розроблені групи техніко-економічних показників якості і показників якості технології і безпеки формувань технічного сервісу (табл. 2, табл. 3).

2. Техніко-економічні показники якості формувань технічного сервісу.

Найменування групи показників якості технічного сервісу	Групи технічного сервісу				
	Матеріали і продукти (технічні рідини та ПММ)	Витратні матеріали	Запасні частини	Вироби, що не підлягають ремонту (підлягають заміні)	Вироби, що підлягають ремонту і відновленню
Призначення Економного використання сировини, матеріалів, палива і енергії	+	+	+	+	+
Надійності:	+	+	+	+	+
безвідмовність	-	-	-	+	+
довговічність	-	-	+	+	+
ремонтпридатність	-	-	-	-	+
збереження	+	+	+	+	+

3. Показники якості технології і безпеки формувань технічного сервісу.

Найменування групи показників якості технічного сервісу	Групи технічного сервісу				
	Матеріали і продукти (технічні рідини та ПММ)	Витратні матеріали	Запасні частини	Вироби, що не підлягають ремонту (підлягають заміні)	Вироби, що підлягають ремонту і відновленню
Ергономічність	-	-	-	+	+
Естетичність	-	-	-	+	+
Технологічні показники	+	+	+	+	+
Придатність до транспортування	+	+	+	+	+
Показники стандартизації та уніфікації	+	-	+	+	+
Патентно-правові	+	-	+	+	+
Екологічні	+	+	+	+	+
Безпеки	+	+	+	+	+

Висновок. Встановлені групи продукції, до яких відноситься сільськогосподарська техніка і її складові частини. Визначена кількість і найменування груп показників якості сільськогосподарської техніки. Складена аналітична модель системи показників якості і визначена кількість підгруп показників. Кількість груп показників складає 11, а підгруп – 68 найменувань. Встановлені групи і підгрупи показників, що підлягають оцінці при сертифікаційних випробуваннях. Їх кількість відповідно складає 4 групи і, у тому числі, 16 підгруп. Розроблені групи техніко-економічних показників якості і показників якості технології і безпеки технічного сервісу.

Список літератури

1. Авербух С. Л. Системное описание и моделирование сельскохозяйственного производства / С. Л. Авербух, А. П. Бочаров // Механизация и электрификация сел. хоз-ва. – 1987. – № 1. – С. 3–6.
2. ДСТУ 2462-94. Сертифікація. Основні поняття, терміни та визначення.
3. ДСТУ 3410-96. Система сертифікації УкрСЕПРО. Основні положення.
4. ДСТУ 3413-96. Система сертифікації УкрСЕПРО. Порядок проведення сертифікації продукції.
5. ДСТУ-ISO 9000-1-95. Стандарти з управління якістю та забезпечення якості. Частина 1. Настанови щодо вибору і застосування.
6. ДСТУ-ISO 9000-2-96. Стандарти з управління якістю та забезпечення якості. Частина 2. Настанови щодо застосування ДСТУ-ISO 9001-95, ДСТУ-ISO 9002-95, ДСТУ-ISO 9003-95.
7. ДСТУ-ISO 9001-95. Системи якості. Модель забезпечення якості в процесі проектування, розроблення, виробництва, монтажу та обслуговування.
8. ДСТУ-ISO 9002-95. Системи якості. Модель забезпечення якості в процесі виробництва, монтажу та обслуговування.
9. ДСТУ-ISO 9001-2001 (ISO 9001-2000). Системи управління якістю. Вимоги.
10. ДСТУ-ISO 9004-2001 (ISO 9004-2000). Системи управління якістю.
11. ДСТУ-ISO 9000-1-95. Стандарти з управління якістю та забезпечення якості. Частина 1. Настанови щодо вибору і застосування.
12. ДСТУ-ISO 9000-2-96. Стандарти з управління якістю та забезпечення якості. Частина 2. Настанови щодо застосування ДСТУ-ISO 9001-95, ДСТУ-ISO 9002-95, ДСТУ-ISO 9003-95.
13. ДСТУ-ISO 9004-1-95. Управління якістю та елементи системи якості. Частина 1. Настанови.
14. ДСТУ-ISO 9004-2-96. Управління якістю та елементи системи якості. Частина 2. Настанови щодо послуг.
15. Рублёв В.И. Концептуальные принципы управления качеством сельскохозяйственной техники / В.И. Рублев, В.Д. Войтюк // Техніка АПК. – 2005. – № 12. – С. 8–11.
16. Рублёв В.И. Межгосударственный стандарт ГОСТ 18242-72 как нормативный документ формирования контроля качества сельскохозяйственной техники / В.И. Рублев // Вісник ХНТУСГ. Сер. Технічний сервіс АПК, техніка та технології у сільському господарстві і машинобудуванні. – Х., 2005. – Вип. 39. – С. 348–352.

17. Рублёв В. И. Методика обоснования и оценки погрешности средств измерений / В. И. Рублев // Механізація сільськогосподарського виробництва. – К., 1999. – Т. 5 «Сучасні проблеми механізації сільського господарства». – С. 134–141.
18. Рубльов В.І. До аналізу методологічної основи технічної експертизи сільськогосподарської техніки / В.І. Рубльов, В.Д. Войтюк // Вісник Львівського національного аграрного університету. Серія: агроінженерні дослідження. – Львів, 2008. – № 12, т. 1. – С. 119–124.
19. Рубльов В.І. До аналізу розвитку нормативотехнічної документації на виготовлення сільгосптехніки і забезпечення її якості / В.І. Рубльов, О.Є. Баженов // Механізація сільськогосподарського виробництва. – К., 2002. – Т. 12. – С. 285–290.
20. Рубльов В.І. До обґрунтування оптимального застосування видів технічного контролю / В.І. Рубльов // Вісник Тернопільського державного технічного університету. – Тернопіль, 2000. – № 2. – С. 97–105.
21. Рубльов В.І. Класифікація видів оцінки якості сільськогосподарської техніки / В.І. Рубльов // Вісник Харківського ДТУСГ. – Х., 2002. – Вип. 12 «Механізація сільськогосподарського виробництва». – С. 80–84.
22. Рубльов В.І. Методичне забезпечення статистичного контролю якості сільгосптехніки / В.І. Рубльов // Випробування, техніка і технології для сільськогосподарського виробництва. – Дослідницьке, 2000. – Вип. 7. – С. 93–98.
23. Рубльов В.І. Методологія оцінки якості сільськогосподарської техніки при технічному сервісі / В.І. Рубльов, В.Д. Войтюк // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. – К., 2010. – Вип. 144, ч. 1. – С. 259–267.
24. Рубльов В.І. Нормативно-технічне забезпечення ефективності приймального контролю / В.І. Рубльов // Вісник Тернопільського державного технічного університету. – Тернопіль, 2000. – № 1. – С. 103–107.

Приведены результаты научных исследований по определению показателей качества техсервисных формирований. Разработана модель системы показателей качества формирований технического сервиса при их стандартизации. Разработаны группы технико-экономических показателей качества и показателей качества технологии и безопасности технического сервиса.

Технический сервис, сельскохозяйственная техника, стандартизация, показатели качества.

Results of scientific researches by definition figures of merit of service shapings are resulted. The model of system of figures of merit of shapings of technical service is developed at their standardization. Groups of technical-and-economic indexes of quality and figures of merit of production engineering and safety of technical service are developed.

Technical services, agricultural machinery, standardization, quality indicators.

ШЛЯХИ ПОКРАЩЕННЯ ПРОЦЕСУ ПРОТРУЮВАННЯ НАСІННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР

***Д.Г. Войтюк, кандидат технічних наук,
член-кореспондент НААН України
В.В Теслюк, доктор сільськогосподарських наук
О.М. Вечера, здобувач***

Викладено результати досліджень процесу протруювання насіння сільськогосподарських культур та запропоновано методи усунення недоліків.

Протруювач, бункер, спосіб, потік, рівномірність, дозатор.

Постановка проблеми. Сучасні господарства зменшують інтенсивність виробництва з використанням високоякісного насіння, та сподіваються, що така стратегія означатиме нижчу якість врожаю, але забезпечить його достатній обсяг. Так, підготовку насіння для посіву (очистку, калібровку та протруювання) господарства в основному проводять самостійно для здешевлення цих процесів.

Аналіз останніх досліджень. Результати аналізу технологічних і технічних рішень машин для нанесення рідких пестицидів на насіння сільськогосподарських культур та теоретичних досліджень передумов реалізації цього процесу свідчать [1], що підвищення рівномірності обробки насіння досягнуто за рахунок змін в конструкціях сучасних протруювачах. В них збільшені зони взаємодії потоків насіння і краплин робочої рідини, шпаруватості потоку насіння з метою забезпечення кращого проникнення краплин розпиленої рідини в потік насіння, а також попереднього збільшення вільної поверхні компонентів. Оптимізуючи параметри потоків насіння і пестициду, дослідники поступово зміщувалися в бік все більшого розсіювання їх, або за термінологією вічкової моделі – в бік збільшення поверхні поділу фаз. Ця закономірність простежується на прикладі розвитку барабанних протруювачів (від протруювача періодичної дії "Ідеал" до протруювача неперервної дії ПЗ-10 "Колос"), шнекових (від ПУ-1 до ПСШ-5). Частково ці передумови реалізовані в протруювачах камерного типу. Проте підвищення рівномірності обробки насіння пестицидом, налипання краплин робочої рідини з домішками до насіння на стінки камери протруювання, а також травмування насіння досягнуто не було.

© Д.Г. Войтюк, В.В. Теслюк, О.М. Вечера, 2014

Крім того, деякі шляхи підвищення рівномірності обробки насіння пестицидом способом нанесення його в перехресних потоках насіння і краплин препарату, що реалізується сучасними камерними протруювачами, є неможливими за фізичною суттю процесу, бо за такої конструктивно-технологічної схеми камери протруювання не усувається явище затінення ближчими до розпилювача насінинами більш віддалених та не створюються умови для безпосереднього контактування з пестицидом кожної насінини усією своєю поверхнею.

Мета досліджень – виявлення причин недосконалості робочих процесів протруювачів насіння та обґрунтування методів їх усунення.

Результати досліджень. Робочі процеси сучасних протруювачів насіння неперервної дії включають неперервне і рівномірне дозування насіння і робочої рідини – пестициду, оскільки вони є необхідною передумовою рівномірної обробки насіння препаратом, а отже і досягнення високої ефективності протруювання. Ця операція часто поєднується із одночасним формуванням потоку насіння певної форми та щільності за допомогою проточних дозаторів об'ємного типу, обладнаних пасивними („Мобітокс”, СТ-200) чи активними (ПК-20, ПС-10) розподільниками насіння. Очевидно, що продуктивність та рівномірність потоку насіння, що подається такими дозаторами на робочий орган, визначається умовами його витікання з бункера, пропускною здатністю дозуючого отвору, гальмівною дією використовуваних розподільників та ін.

Так, продуктивність дозаторів з пасивними розподільниками насіння визначається площею живого перетину кільцевого отвору випускної горловини бункера та конструктивними параметрами розподільника насіння. Продуктивність дозаторів з активними розподільниками залежить від частоти обертання розподільника та його конструкції (диск або конус), а дозаторів протруювачів інерційно-фрикційного типу [6], у яких робочий орган одночасно є активним розподільником насіння – ще й від параметрів бокової поверхні робочого органа.

Згідно з результатами досліджень [2-5] вплив умов витікання насіння з бункера на рівномірність потоку визначається параметрами випускного отвору, місткості і висотою заповнення її насінням, а також фізико-механічними властивостями останнього.

Сам процес витікання насіння через отвори в місткостях дослідники розглядають по-різному. Одні з них вважають, що висипання сипких матеріалів через отвори в місткостях відбувається внаслідок утворення рухомого стовпа матеріалу над отвором, після

чого верхні шари його стікають до рухомого стовпа під кутом природного схилу.

Прихильники теорії динамічного розвантажувального склепіння [2] вважають, що над отвором утворюється динамічне розвантажувальне склепіння, випадання з якого насіння і визначає витрату через дозувальний отвір. За цією теорією швидкість висипання і витрата не залежать від висоти заповнення місткості, а залежать від висоти утвореного склепіння.

Треті [3] вважають, що процес висипання відбувається у три фази. Перша з них починається з моменту відкриття отвору, коли починає рухатися майже весь сипкий матеріал в місткості, а його поверхня опускається паралельно самій собі до певного відношення висоти H заповнення місткості до діаметра D . Після цього настає друга фаза висипання з утворенням рухомого стовпа матеріалу і внаслідок цього – лійки в місткості, після чого подача матеріалу відбувається вже за рахунок стікання його під кутом природного схилу до центрального стовпа. При цьому зміна характеру процесу висипання пояснюється впливом розмірів, питомої ваги, коефіцієнта зовнішнього тертя частинок сипкого матеріалу і діаметра місткості.

Найбільш повно фізична сутність процесу висипання зерна через отвори в місткостях вивчалися В.М. Атомяном [3] та Г.М. Бузенковим і С.А. Ма [4], яким вдалося картину висипання насіння обґрунтувати напрямками і швидкостями руху насіння в кожній зоні [3] і взаємним розміщенням частинок сипкого матеріалу в місткості та силами тиску сипких матеріалів на дно і стінки місткості [4]. На основі цих досліджень вони виділяють три характерні зони в процесі висипання: першу (верхню), другу (середню), і третю (нижню) – периферійну, на дні місткості (так звану мертву зону), а причини зміни швидкості сипкого матеріалу залежно від висоти насипки H його в місткості пояснюють співвідношенням діючих на частинки сипкого матеріалу бокових P_x і осьових (вертикальних) P_y сил його ваги.

Причиною утворення склепіння з часточок є заклинювання їх силами внутрішнього тертя по лінії їх укладки. Чим менший коефіцієнт внутрішнього тертя і чим більший діаметр отвору, тим склепіння менш стійке і тому утворення його можливе лише у випадку висипання сипкого матеріалу через отвори малого діаметра. Висота отвору при постійному діаметрі не впливає на витрату сипкого матеріалу [3]. Аналогічний результат одержаний і в нас.

На підставі одержаних даних В.М. Атомян [3] і Г.М. Бузенков з С.А. Ма [4] різними шляхами прийшли до такої закономірності: при $H/D > 1$ швидкість висипання часточок залишається постійною аж до досягнення рівня $H/D = 1$. На цьому проміжку висипання усі часточки

усіх шарів сипкого матеріалу мають однакову швидкість і усі шари опускаються паралельно самим собі без утворення лійки, оскільки на усі часточки в усіх шарах діють однакові сили P_x і P_y . Після досягнення висоти насипки $H=D$ (висоти H_{pcons} стабілізації P_x і P_y) характер висипання змінюється – часточки горизонтальних шарів під дією різних осьових сил набувають різних швидкостей, внаслідок чого швидкість висипання сповільнюється. Спочатку висипаються часточки, розміщені над отвором, утворюючи лійку, а потім периферійні верхні часточки, що скочуються по лійці до її вершини в центральний рухомий стовп. Якщо в момент початку висипання висота насипки приблизно дорівнювала діаметру місткості ($H/D \approx 1$), то висипання зразу ж супроводжується утворенням лійки.

Отже, наведені вище результати досліджень процесу висипання сипких матеріалів із місткостей свідчать, що геометричні характеристики місткостей і дозувальних отворів та їх співвідношення, а також рівень заповнення місткостей суттєво впливають на рівномірність дозування сипких матеріалів проточними дозаторами об'ємного типу. Аналіз дозувальних пристроїв серійних протруювачів свідчить, що в їх конструкціях ці закономірності не враховуються. Дозатори, що поєднують дозування насіння з розподіленням та формуванням його потоку потрібної щільності („Мобітокс”, ПС-10, ПК-20, ПНУ-10 та ін.) внаслідок гальмівної дії розподільних пристроїв значно зменшують потенційну продуктивність протруювача. Зменшення гальмівної дії таких проточних дозаторів, та їх впливу на потенційну продуктивність дозатора (випускної горловини бункера) можливе, як показали результати досліджень [5], шляхом оптимізації параметрів самого розподільника та живого перетину дозувального отвору.

У випадку використання активних розподільників (як правило, обертових дисків, конусів тощо) гальмівний опір висипанню насіння з випускної горловини бункера ці розподільники створюють внаслідок накопичення в зоні під випускною горловиною шару насіння, що не евакуується з цієї зони активними розподільниками. В цьому випадку причиною зменшення потенційної продуктивності дозатора є неузгодженість конструктивних параметрів дозатора та режимів роботи активного розподільника і випускної горловини [5]. З метою прискорення евакуації насіння із зони сходу його з розподільника в деяких протруювачах (наприклад ПНУ-4) застосовують додаткові конструктивні елементи – активатори.

В протруювачах інерційно-фрикційного типу, які поєднують дозування, розподілення і обробку насіння рідкими пестицидами одним робочим органом, продуктивність дозатора визначають ті ж фактори, що й інших проточних дозаторів з активними

розподільниками, та ще й параметри бокової конічної поверхні робочого органу [5, 6]. Узгодження дії усіх цих факторів з обов'язковим врахуванням характеристик насіння, що дозується і обробляється, забезпечує надійну роботу протруювача в цілому, яка, очевидно, можлива у випадку, коли насіння з достатньою швидкістю буде рухатися вгору по твірній конічного робочого органу. Ця ж умова є і умовою не гальмування насінням, що знаходиться на робочому органі, насіння, яке надходить від дозатора.

Умову руху зернівки вгору по твірній конічної поверхні робочого органу можна визначити з балансу сил, які діють на насіннину, що знаходиться на цій поверхні:

$$m\omega^2 r \sin\lambda > mg \cos\lambda + fm(g \sin\lambda + \omega^2 r \cos\lambda), \quad (1)$$

де m – маса насіннини; ω – кутова швидкість обертання робочого органу; r – радіус бокової конічної поверхні на висоті знаходження насіннини; λ – половина кута при вершині бокової конічної поверхні робочого органу; f – коефіцієнт тертя насіннини по поверхні робочого органу.

Звідки після нескладних перетворень одержимо:

$$\frac{\omega^2 r}{g} > \frac{1 + f \tan \lambda}{\tan \lambda - f}. \quad (2)$$

Ця умова (2) необхідна, але недостатня, щоб бути критерієм відсутності гальмування насінням, що рухається на конусі, насіння що надходить від дозатора, оскільки не враховує швидкості руху насіння на робочому органі, яка забезпечує неперервність процесу. Збільшення швидкості руху насіння вгору по твірній бокової конічної поверхні, а отже і по днищу робочого органу здійснюється за рахунок збільшення частоти обертання робочого органу, що збільшить і евакуацію насіння з-під дозатора. Вплив нерівномірності дозування компонентів, полідисперсності їх частинок, часткового вмісту компонентів у суміші і величини проби на дисперсію контрольного компонента в рандомальній суміші вивчали К. Штанге [8], З. Штербачек і П. Тауска [9], і Ф.П. Смаковського [7].

Згідно з результатами цих досліджень дисперсія потоку кожного компонента на виході із змішувача є функцією дисперсії його потоку на виході із дозатора:

$$\sigma_{q_i}^2 = k_i \sigma_{q_{i1}}^2, \quad (3)$$

де $\sigma_{q_i}^2$ – дисперсія потоку компонента суміші на виході змішувача; k_i – коефіцієнт відносної нерівномірності потоку; $\sigma_{q_{i1}}^2$ – дисперсія потоку цього ж компонента на виході із дозатора.

Для оцінки впливу нерівномірності дозування компонентів та інших факторів на якість бінарної суміші в її рандомальному стані З. Штербачек і П. Тауск [9] наводять рівняння:

$$\sigma_R^2 = \frac{x \cdot y}{\frac{q_i}{yq_x(1+v_x^2) + xq_y(1+v_y^2)}}, \quad (4)$$

де σ_R^2 – дисперсія вмісту контрольного компоненту в бінарній суміші в її рандомальному стані; x і y – вагові частки компонентів у суміші ($x=1-y$); q_x і q_y – ефективна середня вага частинок компонентів x і y ; v_x і v_y – коефіцієнт варіації ваги частинок відповідних компонентів суміші; q_i – вага проби.

Розрахунки за цими рівняннями показали [10], що у випадку співвідношення компонентів, характерного для протруювання насіння ($y=0,01$; $V_y = 10...210\%$; $x=0,99$; $V_x=30,6\%$) рівномірність обробки насіння суттєво залежить від вказаних параметрів процесу і тим менша, чим менша кількість препарату наноситься на насіння, чим більше середня вага його частинок q_y і ступінь їх полідисперсності V_y .

Отже, виходячи з наведених даних, можна вважати, що висновки Ф.П. Смаковського [7] про необхідність для одержання однородної суміші забезпечувати подачу компонентів у змішувач рівномірними потоками, а сам змішувач повинен створювати градієнт швидкості в потоці компонентів і цим розтягувати кожну порцію матеріалу, згладжуючи нерівномірність потоків компонентів, що надходять від дозатора, є слушним і для процесу нанесення краплин препаратів на насіння. Проте, як показав досвід використання камерних протруювачів, розпилювання робочих рідин пестицидів не забезпечує рівномірної обробки насіння в камері протруювання, оскільки не створює для кожної насінини однакових умов контактування з препаратом, а ще більше ускладнює досягання мети – рівномірної обробки насіння – додаванням полідисперсності краплин препарату до полідисперсності насіння. Це вимагає додаткового перемішування насіння шнеками, що в решті приводить до травмування його. Тому, враховуючи, що збільшення відносної частки V_y робочої рідини понад 0,01% з метою покращення рівномірності обробки нею насіння обмежується можливим надмірним зволоженням його, а збільшення дисперсності розпилу її призводить до збільшення в спектрі розпилу частки дрібних аерозолів і, як наслідок забруднення ними повітря робочої зони, цей шлях вдосконалення робочого процесу протруювача можна вважати неперспективним.

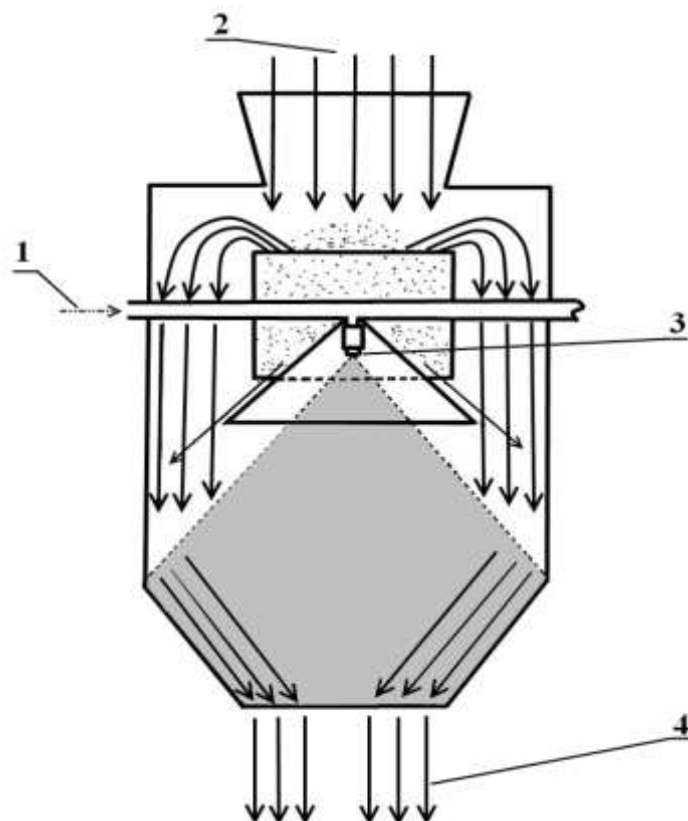


Рис. 1. Функціональна схема протруювача G40: 1 – подача рідкого пестициду; 2 – подача необробленого насіння; 3 – розпилювач рідкого пестициду; 4 – оброблене насіння.

Для реалізації повною мірою висновку про необхідність забезпечення змішувачем наявності в кожній пробі суміші на виході з нього часток компонентів, що подаються дозатором в різні моменти часу одного лише розтягування потоків недостатньо.

Для цього необхідно на певному проміжку забезпечити від'ємний градієнт швидкості руху частинок, що надійшли від дозатора раніше, і потрапляння в їхній потік на всьому шляху його руху в змішувачі, частинок компонентів, що надійшли у змішувач пізніше. Робочий процес нанесення рідких препаратів на насіння, що це враховує і вимоги до нього досить повно реалізовані в протруювачах фрикційного типу [6] і може бути використаним в протруювачах інших типів і модифікацій.

Незважаючи на вищевказане, компанія Graham (Канада) [11] пропонує на ринку, як нову розробку, камерний протруювач G40 з робочим органом, в якому насіння розподіляється самопливом (рис. 1) з усіма відомими недоліками. Відсутність бункера негативно впливає на рівномірність подачі насіння (шнеком), крім того, використання звичайного розпилювача пестициду, а в результаті велика нерівномірність обробки тільки частково компенсується використанням довгого вивантажувального шнека (рис. 2).



Рис. 2. Використання протруювача G40.

Висновок. Виявлені недосконалості робочих процесів протруювачів насіння і обґрунтовані шляхи їх усунення – оптимізація параметрів дозуючих систем та забезпечення технологічними заходами підтримання постійного рівня насіння в бункері протруювача.

Список літератури

1. Тимошенко С.П. Обґрунтування, розробка і дослідження універсального процесу нанесення захисних препаратів на насіння сільськогосподарських культур / С.П. Тимошенко, В.В. Ратушний, І.В. Стибель, Д.М. Мазур // Механізація та електрифікація сільського господарства. – Глеваха, 2002. – Вип. 86. – С. 114–121.
2. Семенов А.Н. Зерновые сѣлки / А.Н. Семенов. – М.: Машгиз, 1959. – 318 с.
3. Атомян В.М. Свободное истечение и высев семян зерновыми сеялками / В.М. Атомян. – Ереван: Из-во Главного управления с.х. науки МСХ Армянской ССР, 1960. – 138 с.
4. Бузенков Г.М. Машины для посева сельскохозяйственных культур / Г.М. Бузенков, С.А. Ма. – М.: Машиностроение, 1976. – 271 с.
5. Тимошенко С.П. Науковий звіт по темі «Разработать рабочие органы протравливателей семян и обосновать их параметры / Тимошенко С.П., Михайленко М.А. та ін. УНИИМЭСХ. – Глеваха, 1978. – 108 с.
6. Тимошенко С.П. Спосіб обробки насіння рідкими препаратами / Тимошенко С.П., Вечера О.М., Тимошенко С.І. // Патент № 96498 A01C 1/08, 2006/01, п.10/11/2011, бюл.№21.
7. Смаковський Ф.П. Исследование и обоснование процесса смещения сыпучих минеральных удобрений совместным пневмотранспортированием компонентов / Ф.П. Смаковський : дис. канд. техн. наук. – К., 1972. – 184 с.
8. Stange K. Genauigkeit der Probenahme bei Mischungen körniger Stoffe, Einfluss des Gewichts von Einzelproben / K. Stange // Chem.- Ingr.-Techn. – 1967. – 39. – S. 9–10.

9. Штербачек З. Перемешивание в химической промышленности / З. Штербачек, П. Тауск. – Л.: Госхимиздат, Ленинградское отделение, 1963. – 120 с.
10. Тимошенко С.П. Науковий звіт по темі «Разработать рабочие органы протравливателей семян и обосновать их параметры / Тимошенко С.П., Михайленко М.А. та ін. УНИИМЭСХ. – Глеваха, 1979. – 121 с.
11. G40 Seed Treater, Brochure, <http://www.seedtreating.com>.

Изложены результаты исследований процесса протравливания семян сельскохозяйственных культур и предложены методы устранения недостатков.

Протравливатель, бункер, способ, поток, равномерность, дозатор.

The results of researches of process of seed treatment of agricultural cultures are expounded and the methods of removal of defects are offered.

Treater, bunker, method, stream, evenness, metering device.

УДК 631.51.022

ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ АГРЕГАТИВ ДЛЯ СМУГОВОГО ПЕРЕДПОСІВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ

**Г.А. Голуб, доктор технічних наук
А.В. Дворник, аспірант***

Проаналізовано та класифіковано агрегати для смугового обробітку за видами розміщення та впливом на ґрунт робочих органів.

Агрегат, смужка, обробіток ґрунту, робочий орган.

Постановка проблеми. Інтенсифікація мікробіологічних процесів та відновлення родючості ґрунту є важливим завданням для аграріїв. В Україні зростає попит на застосування технології смугового обробітку ґрунту (Strip Till), проте відсутність досвіду та достовірної інформації, ускладнює вибір агрегатів, для забезпечення виробничих потреб господарства. Велика різноманітність ґрунтово-кліматичних зон і різнопланова сільськогосподарська діяльність створює умови для пошуку шляхів зменшення собівартості

*Науковий керівник – доктор технічних наук Г.А. Голуб

© Г.А. Голуб, А.В. Дворник, 2014

9. Штербачек З. Перемешивание в химической промышленности / З. Штербачек, П. Тауск. – Л.: Госхимиздат, Ленинградское отделение, 1963. – 120 с.
10. Тимошенко С.П. Науковий звіт по темі «Разработать рабочие органы протравливателей семян и обосновать их параметры / Тимошенко С.П., Михайленко М.А. та ін. УНИИМЭСХ. – Глеваха, 1979. – 121 с.
11. G40 Seed Treater, Brochure, <http://www.seedtreating.com>.

Изложены результаты исследований процесса протравливания семян сельскохозяйственных культур и предложены методы устранения недостатков.

Протравливатель, бункер, способ, поток, равномерность, дозатор.

The results of researches of process of seed treatment of agricultural cultures are expounded and the methods of removal of defects are offered.

Treater, bunker, method, stream, evenness, metering device.

УДК 631.51.022

ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ АГРЕГАТИВ ДЛЯ СМУГОВОГО ПЕРЕДПОСІВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ

**Г.А. Голуб, доктор технічних наук
А.В. Дворник, аспірант***

Проаналізовано та класифіковано агрегати для смугового обробітку за видами розміщення та впливом на ґрунт робочих органів.

Агрегат, смужка, обробіток ґрунту, робочий орган.

Постановка проблеми. Інтенсифікація мікробіологічних процесів та відновлення родючості ґрунту є важливим завданням для аграріїв. В Україні зростає попит на застосування технології смугового обробітку ґрунту (Strip Till), проте відсутність досвіду та достовірної інформації, ускладнює вибір агрегатів, для забезпечення виробничих потреб господарства. Велика різноманітність ґрунтово-кліматичних зон і різнопланова сільськогосподарська діяльність створює умови для пошуку шляхів зменшення собівартості

*Науковий керівник – доктор технічних наук Г.А. Голуб

© Г.А. Голуб, А.В. Дворник, 2014

виращування польових культур, що в значній мірі стосується розробки та удосконалення ґрунтообробних агрегатів.

Мета досліджень. Встановити тенденції розвитку агрегатів для смугового передпосівного обробітку ґрунту та їх робочих органів.

Аналіз останніх досліджень. Технологія смугового передпосівного обробітку (Strip Till) поширилася в Європі із Сполучених Штатів, де на певному етапі у результаті зміни зовнішнього середовища утворилася із технології прямого посіву (No Till). Застосовується для широкорядних культур, таких як: кукурудза, соняшник, соя та ін. Strip Till застосовується для широкорядних культур, таких як: кукурудза, соняшник, соя та ін. Її особливість полягає в тому, що поле обробляють і розпушують тільки смужками в рядках майбутнього посіву, а інша частина залишається не обробленою. Обробіток смужками дозволяє прогріти ґрунт, стимулює аеробні процеси і краще підготовлює насіннєве ложе, порівняно з іншими технологіями. У насичених киснем смугах відбувається прискорене розкладання органічних речовин, що сприяє природному підживленню рослини на початковій стадії.

На необроблених міжряддях даний процес відбувається повільніше, що дає можливість рослині використовувати необхідні поживні речовини (азот, фосфор) упродовж періоду вегетації.

Основними цілями технології смугового обробітку ґрунту є:

- створення оптимально сформованого простору для проростання кореня за рахунок прибирання з місця майбутнього рядка поживних залишків і розпушення ґрунту;
- ефективне підкореневе підживлення рослин на різних рівнях глибини за рахунок окремо внесених мінеральних та органічних добрив;
- забезпечення доступу рослин до ґрунтових вод за рахунок збереження капілярності ґрунту, особливо в міжряддях, де не порушується природна структура;
- захист від водної та вітрової ерозії за допомогою утримуючої дії поживних решток у міжряддях;
- вирівнювання поверхні поля котками-вирівнювачами;
- економія витрат на проведених агротехнічних операцій.

Використання Strip Till може здійснюється як роздільно, так і одночасно з посівом. У першому випадку обробіток ґрунту і процес посіву проводиться окремо, а в другому – за один прохід. На місцевості із середнім і високим вмістом глини кращого ефекту отримують коли розпушування рядків проводять восени попереднього року, а посів весною. На піщаних ґрунтах добре зарекомендував себе Strip Till з одночасним розпушуванням і посівом навесні. Такі відмінності пов'язані з різною структурою

ґрунтів і, відповідно, різним очікуваним ефектом від проведення обробітку. При розпушуванні з одночасним внесенням добрив склад ґрунту також є вирішальним фактором, бо можливий перерозподіл добрив у легких ґрунтах і фіксація поживних речовин на глинистих елементах і гумусі.

Практикують також комбінацію технології Strip Till з технологією мінімального обробітку ґрунту – спочатку використовують лушпильники або дискові борони, а потім проводять смуговий обробіток. Вибрати кращий з варіантів для роботи у відповідній ґрунтово-кліматичній зоні дозволить аналіз складу ґрунту та ряд інших супутніх факторів.

Результати досліджень. До агрегатів смугового обробітку ґрунту відносяться комплекси, які поєднують у собі культиватор та посівний блок. Такий агрегат має широкий діапазон застосування, тому що культиватором можна обробляти ґрунт окремо від посівного блоку.

Нині на світовому ринку постійно зростає кількість компаній, що пропонують комбіновані ґрунтообробні агрегати із різними робочими органами, які за один прохід розрізають ґрунт, очищують смужки від рослинних решток, проводять глибоке розпушування і кришіння ґрунту, вирівнюють поверхню, прикотковують.

Серед таких компаній можна відмітити – Kuhn–Krause (агрегат Gladiator), Kuhn (Striger), Horsch (Tiger AS), Horsch (Focus TD), John Deere (2510), Orthman (1TRIPr), DAWN (Pluribus), SLY (Stripcat), Bigham Brothers (Super Duty Strip Till), Carter (Strip Till), Agro-Lend (Mzuri Protill), Sunflower (7600), Wil–Rich (357), Yetter (Maverik), Remlinger (PST), Till-n-Plant (Schlagel), Strip Ripper (Alpha II), Unverferth (Ripper–Stripper), Агproxимаш (Агриватор). Свої експериментальні розробки є у компаній Amazone і Vaderstad. В Україні агрегати для смугового обробітку ґрунту пропонують лише декілька виробників. На рис. 1 показано найпопулярніші зразки, зокрема й ті, що використовуються в Україні.

Агрегати смугового обробітку ґрунту можна розділити на весняні (легкі) та осінні (середні і важкі). На перезволожених ґрунтах, де необхідно глибокий осінній обробіток (40-50 см), використовуються важкі агрегати на базі глибокорозпушувачів, на які встановлено додаткові робочі органи для очищення смужки і формування борозни. Таким прикладом є Ripper-Stripper (UM) і лінійний розпушувач 357 (Wil-Rich).

Для осіннього смугового обробітку у складі секції обов'язково повинен бути робочий орган (долото) для інтенсивного глибокого розпушування ґрунту на глибину 20-30 см. У борозну, яку утворює стійка також подаються рідкі та (або) сипучі добрива. Секція

встановлюється на паралелограмній навісці, що забезпечує рівномірність заглиблення. Прикладом агрегату для осіннього смугового обробітку можна назвати 1tRiPr (Orthman), Gladiator (Krause), Till-n-Plant (Schlagel), 7600 (Sunflower).



PLURIBUS (DAWN)



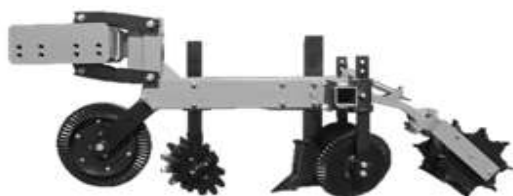
1tRiPr (ORTHMAN)



GLADIATOR 1200 (KRAUSE)



STRIPCAT (SLY)



SUPER DUTY (BIGHAM)



АГРИВАТОР II (АГРОХИММАШ)

Рис. 1. Секції відомих агрегатів для смугового обробітку.

У посушливих зонах, використання глибокорозпушувачів посилює вітрову та водну ерозію, виносячи на поверхню вологий ґрунт. У таких випадках доречно використовувати весняний обробіток з легкими агрегатами для очищення рядка від рослинних залишків та поверхневого розпушування ґрунту. Прикладом агрегату для весняного обробітку є Pluribus (DAWN).

Проаналізувавши існуючі агрегати для смугового обробітку ґрунту нами було розроблено узагальнюючу схему класичного агрегату Strip Till (рис. 2).

Передній ніж (ніж глибини) призначений для розрізування поверхні ґрунту з метою зменшення опору під час руху стійкі глибокорозпушувача і забезпечення постійної глибини обробітку.

Зазвичай для переднього ножа використовують диски різних варіантів (рис. 3). Ефективне прибирання рослинних залишків із рядків і не допущення їх прямого контакту з насінням після посіву є однією з основних умов технології Strip Till.

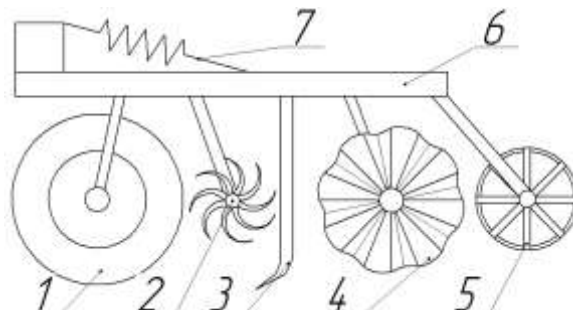


Рис. 2. Узагальнена схема агрегату для смугового передпосівного обробітку ґрунту: 1 – передній ніж; 2 – очисники рядка; 3 – глибокорозпушувач; 4 – розрихлювач; 5 – задній коток-вирівнювач.

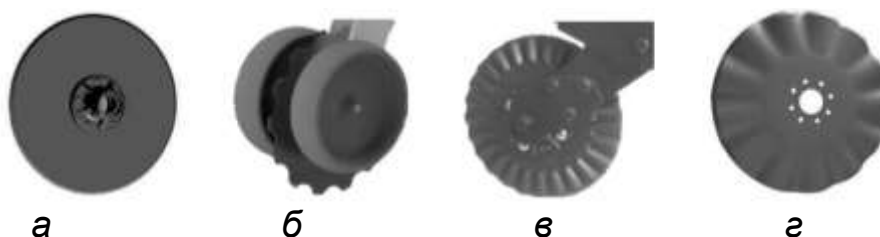


Рис. 3. Форми дисків переднього ножа: а – рівний; б – рівний з вирізами; в – рифлений; г – хвилястий.

Для очищення рядка від рослинних залишків після ножа використовують очисники. Це один або два ротаційних диски (рис. 4), які переміщують рослинні рештки на необроблену частину за межі смужки.

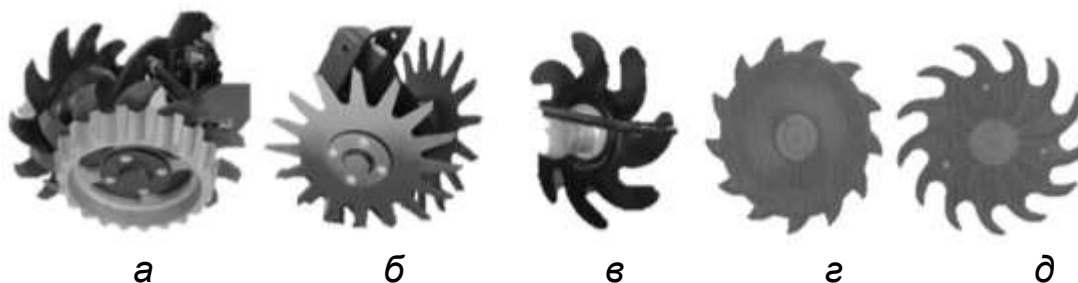


Рис. 4. Форми очисників рядка: а – з ребрами; б – сонячний; в – пелюстковий; г – зубчатий; д – голчатий.

Глибокорозпушувач руйнує ущільнення (плужну підшву) для збільшення пористості ґрунту і використання кореневою системою рослини вологи і поживних речовин з глибоких (25-45 см) шарів

ґрунту. Стійка глибокорозпушувача комплектується тукопроводами для одночасного внесення рідких або сипучих добрив. На глибокорозпушувачах встановлюються долотоподібні наконечники різної форми (рис. 5).



Рис. 5. Наконечники для глибокопоглиблювача.

Після глибокорозпушувача на агрегати встановлюють пару задніх дисків (розрихлювачів), які забезпечують формування чіткої межі борозни та інтенсивне ворушіння верхнього шару ґрунту, зменшуючи його поверхневу неоднорідність. Для перемішування ґрунту використовують рифлені, хвилясті (шести, восьми, багатохвильові) (рис. 3) та сферичні диски (рис. 6).

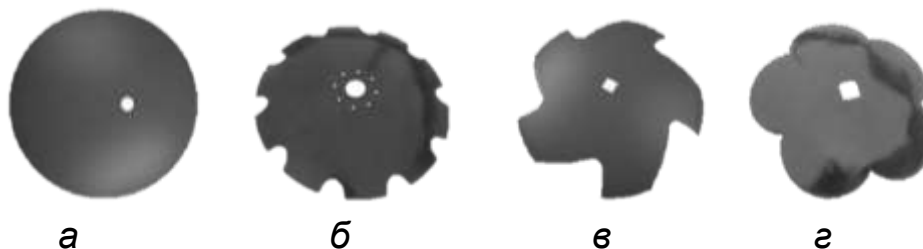


Рис. 6. Сферичні диски розрихлювача: а – звичайний; б – ромашка; в – сюрикен; г – конюшина.

Диски форми ромашка, сюрикен та конюшина на деяких агрегатах можуть застосовуватись в якості очисника рядка.

Для вирівнювання поверхні обробленої смужки та підготовки насіннєвого ложе використовують задні котки-вирівнювачі (рис. 7).

Якість смугового обробітку ґрунту буде залежати від рівномірності площі, кількості та якості розподілу на поверхні поля післяжнивних залишків культури попередника. З технічної точки зору якість буде залежати від системи кріплення рами, секцій та робочих органів. На сучасних агрегатах загалом використовують паралелограмові системи кріплення, які забезпечують, незалежно від варіацій площини, однорідність обробітку ґрунту.

Система паралельного кріплення забезпечує безперебійну роботу і точне рівномірне розміщення робочих органів і внесення добрив відповідно.

Для рівномірності руху робочих секцій використовують стабілізуючі блоки пружин та пневматичні довантажувачі. Елементи

врівноваження забезпечують рівномірність руху робочих органів у ґрунті.

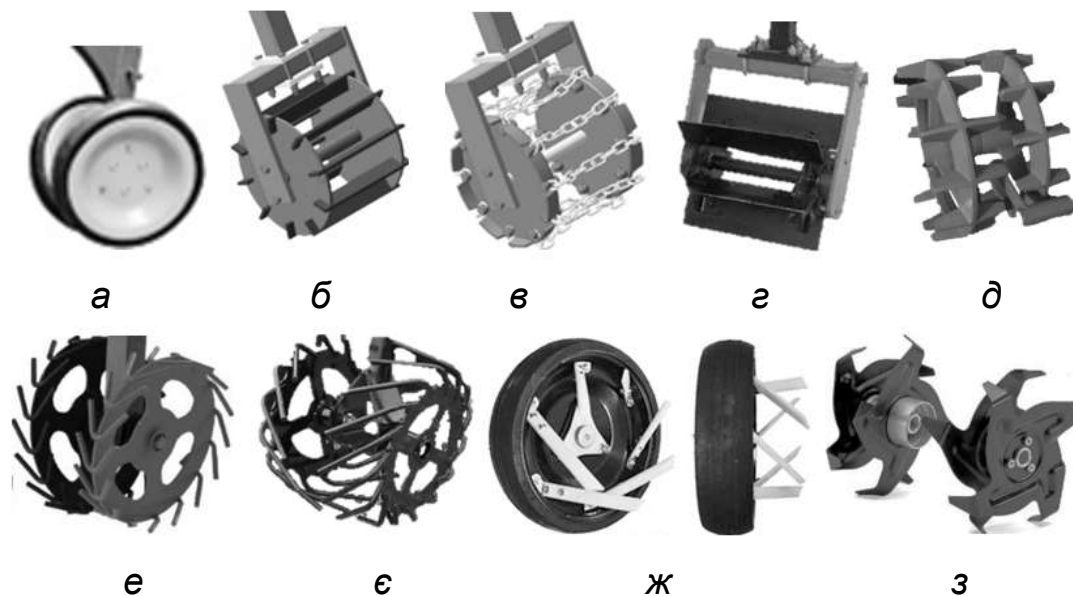


Рис. 7. Задні котки-вирівнювачі: а – гладенький; б – прутковий; в – ланцюговий; г – планковий; д – ребристий; е, є, ж – пальцевий; з – фрезевий.

Висновок. Незалежно від того де проводиться обробіток ґрунту по стерні пшениці, стеблам кукурудзи чи покривній (сидеральній) культурі, завданням смугового передпосівного обробітку є забезпечити чистий, рівний, ідеально підготовлений ґрунт. Проаналізувавши тенденції розвитку агрегатів для смугового обробітку ґрунту, було розроблено загальну компоновку агрегату, визначено типи і роль складових робочих органів таких агрегатів, намічено шляхи подальшого використання агрегатів для смугового обробітку ґрунту в ґрунтово-кліматичних умовах України.

Список літератури

1. *Ґрунтозахисна біологічна система землеробства в Україні* : монографія / [М.К. Шидула] ; за ред. М.К. Шидули. – К.: Оранта, 2000. – 389 с.
2. Дубровін В.О. Дослідження ефективності технології і техніки мінімізації весняного передпосівного обробітку ґрунту під посів цукрових буряків / В.О. Дубровін, В.В. Теслюк. // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – К., 2013. – Вип. 185, ч. 1. – С. 11–17.
3. Євтушенко В. Strip Till в Україні. Досвід використання Strip Till в Україні на прикладі СТОВ "Дружба Нова" / В. Євтушенко // The Ukrainian Farmer. – 2012. – № 9. – С. 99–100.
4. Ясенецький В. Сільськогосподарська техніка на міжнародних виставках "Зернові технології 2014" та "Agro Animal Show 2014" / В. Ясенецький,

В. Чорношкур, Л. Шустік, С. Степченко, М. Занько // Техніка і технології АПК. – 2014. – № 3. – С. 30–37.

5. Інтернет ресурс: / <http://www.horsch2.com>.

6. Інтернет ресурс: / <http://www.orthmanag.com>.

7. Інтернет ресурс: / <http://www.carrotech.co.za>.

8. Інтернет ресурс: / <http://bighamag.com>.

9. Інтернет ресурс: / <http://www.dawnequipment.com/Strip-Till>.

10. Інтернет ресурс: / <http://www.agrohim mash.ru>.

11. Інтернет ресурс: / <http://www.slyfrance.com/stripcat>.

Проанализированы и классифицированы агрегаты для полосовой обработки по видам размещения и воздействия на почву рабочих органов.

Агрегат, полоска, обработка почвы, рабочий орган.

Aggregates for strip tillage are analyzed and graded by types of accommodation and influence on soil working bodies.

Agrigate, unit, strip tillage, working body.

УДК 631.4: 631.51

ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ МОЛОТИЛЬНО-СЕПАРУВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ КОМБАЙНА САМПО-УКРАЇНА 300

***Д.Г. Войтюк, кандидат технічних наук,
член-кореспондент НААН України***

М.С. Волянський, інженер

С.В. Смолінський, Ю.О. Гуменюк, кандидати технічних наук

Національний університет біоресурсів і

природокористування України

М.Д. Занько, кандидат технічних наук

***ДУ «Український науково-дослідний інститут прогнозування і
випродування техніки імені Леоніда Погорілого»***

За результатами досліджень обґрунтовано можливість створення сучасного українського зернозбирального комбайна спільно з фінською фірмою Sampro Rosenlew Ltd і налагодженні його серійного виробництва в Україні.

Молотильно-сепарувальна система, комбайн, Сампо-Україна 300.

© Д.Г. Войтюк, М.С. Волянський, С.В. Смолінський,
Ю.О. Гуменюк, М.Д. Занько, 2014

В. Чорношкур, Л. Шустік, С. Степченко, М. Занько // Техніка і технології АПК. – 2014. – № 3. – С. 30–37.

5. Інтернет ресурс: / <http://www.horsch2.com>.

6. Інтернет ресурс: / <http://www.orthmanag.com>.

7. Інтернет ресурс: / <http://www.carrotech.co.za>.

8. Інтернет ресурс: / <http://bighamag.com>.

9. Інтернет ресурс: / <http://www.dawnequipment.com/Strip-Till>.

10. Інтернет ресурс: / <http://www.agrohim mash.ru>.

11. Інтернет ресурс: / <http://www.slyfrance.com/stripcat>.

Проанализированы и классифицированы агрегаты для полосовой обработки по видам размещения и воздействия на почву рабочих органов.

Агрегат, полоска, обработка почвы, рабочий орган.

Aggregates for strip tillage are analyzed and graded by types of accommodation and influence on soil working bodies.

Agrigate, unit, strip tillage, working body.

УДК 631.4: 631.51

ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ МОЛОТИЛЬНО-СЕПАРУВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ КОМБАЙНА САМПО-УКРАЇНА 300

***Д.Г. Войтюк, кандидат технічних наук,
член-кореспондент НААН України***

М.С. Волянський, інженер

С.В. Смолінський, Ю.О. Гуменюк, кандидати технічних наук

Національний університет біоресурсів і

природокористування України

М.Д. Занько, кандидат технічних наук

***ДУ «Український науково-дослідний інститут прогнозування і
випродування техніки імені Леоніда Погорілого»***

За результатами досліджень обґрунтовано можливість створення сучасного українського зернозбирального комбайна спільно з фінською фірмою Sampro Rosenlew Ltd і налагодженні його серійного виробництва в Україні.

Молотильно-сепарувальна система, комбайн, Сампо-Україна 300.

© Д.Г. Войтюк, М.С. Волянський, С.В. Смолінський,
Ю.О. Гуменюк, М.Д. Занько, 2014

Постановка проблеми. Обґрунтована вченими і підтримана урядовими органами перспектива виробництва в Україні в найближчі роки 80 млн. тон зерна базується на використанні потенціальних можливостей родючості земель, сучасних досягнень селекційної науки та впровадження новітніх технологій вирощування і збирання зернових. Важливим фактором у вирішенні цієї проблеми є наявність достатньої кількості сучасних зернозбиральних комбайнів, які зможуть забезпечити збирання зернових культур у встановлені агротехнічні терміни з мінімальними втратами.

Аналіз комбайнового парку України і його технічний рівень свідчить про необхідність детального аналізу його кількісного складу та конструкторських рішень в покращенні молотильно-сепарувальних систем (МСС).

Аналіз останніх досліджень. Питанням аналізу комбайнового парку і обґрунтування параметрів МСС комбайнів присвячені роботи В. Кравчука, М. Занька, О. Погорільця, С. Ковалю, В. Войтюка, А. Демка, О. Надточія, Т. Веck, Н.-D. Kutzbach, P. Wecker та багатьох інших вчених. Дослідниками проведено ґрунтовний аналіз парку комбайнів, які використовуються в Україні за критеріями продуктивності, витрат палива, енергоємності, прямих експлуатаційних затрат, вартості однієї кінської сили та кілограм маси комбайна коефіцієнта надійності, наведено графіки залежності і математичні моделі втрат зерна за МСС від умов та режиму роботи.

Мета досліджень – визначення найбільш доцільної схеми МСС для комбайнів по збиранню зернових у господарствах із загальною посівною площею 500-5000 га при урожайності 50-60 ц/га.

Результати досліджень. Проведений моніторинг комбайнового ринку України [1, 2] засвідчив, що використовувані на полях України комбайни вітчизняного і зарубіжного виробництва мають різні показники по вказаних вище критеріях. Серед досліджених 45 марок комбайнів найкращі показники виявилися у комбайнів фірми SAMPO SR-3065 L.

Крім того були проведені порівняльні господарські випробування комбайнів на предмет визначення витрати пального на один гектар, результати яких наведені в табл. 1, табл. 2. З даних таблиць видно, що комбайни фірми „Sampo” мають в 1,3–1,8 разів меншу витрату пального в порівнянні з комбайнами фірми „Claas” та білоруськими комбайнами Полесьє КЗС-812.

При виборі оптимальної марки майбутнього українсько-фінського комбайна разом з ТОВ „ХК „Інноваційні технології” було адаптовано технологічну схему (рис.) комбайна SR-3085 Superior.

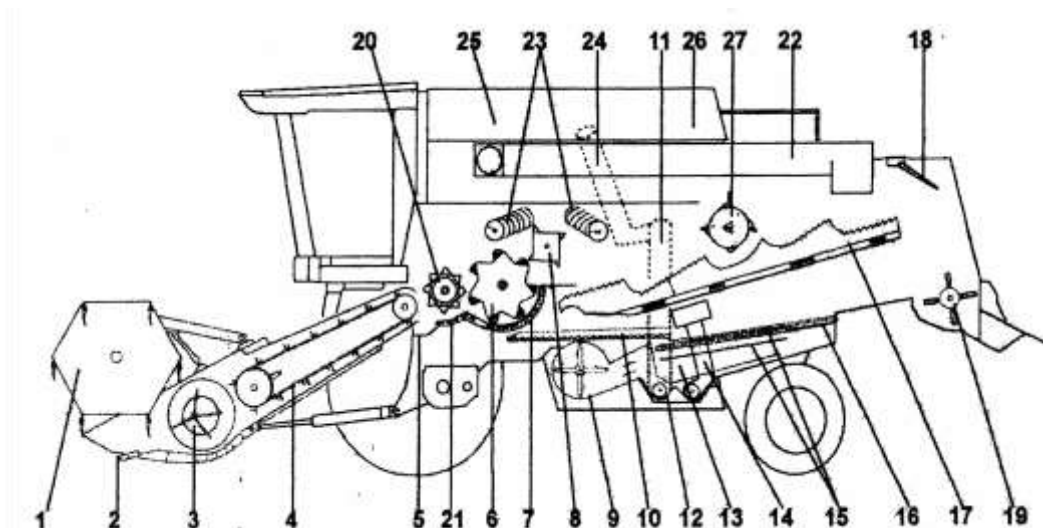


Рис. Конструкційно-технологічна схема комбайна Сампо-Україна 300: 1 – мотовило; 2 – різальний ніж жниварки; 3 – подавальний шнек; 4 – транспортер похилої камери; 5 – каменевловлювач; 6 – молотильний барабан; 7 – підбарабання; 8 – бітер; 9 – вентилятор; 10 – струсна дошка; 11 – зерновий елеватор; 12 – зерновий шнек; 13 – скатна дошка; 14 – решітний стан; 15 – решета системи очищення зерна; 16 – подовжувач решіт; 17 – соломотряс; 18 – сигналізатор наповнення соломой капота; 19 – подрібнювач-розкидач соломи; 20 – попередній молотильний барабан; 21 – підбарабання; 22 – вивантажувальний шнек; 23 – шнеки горизонтальні; 24 – завантажувальний шнек бункера; 25 – зерновий бункер; 26 – двигун; 27 – барабан-соломорозпушувач.

1. Порівняльна характеристика зернозбиральних комбайнів.

Марка комбайна	Вартість, тисяч дол. США	Потужність двигуна, к.с.	Вартість однієї к.с., дол. США	Продуктивність, га/год	Витрати пального, кг/га	Вартість збирання одного га, грн.
John Deere-9660	300	310	980	1,79	13,14	1497
Case-1680	280	260	1194	1,48	10,54	1600
Claas-450	260	275	1020	1,96	9,12	1080
Massey Ferguson-38	223	265	980	1,65	13,31	1305
Deutz Fahr-4080	200	275	848	1,45	10,82	1309
Агрос-530 (Дон)	120	250	484	1,62	12,08	644
Sampro-3065 (український варіант)	144	250	576	2,05	10,09	558

**2. Дані про роботу комбайнів с. Городівка
Крижопільського району Вінницької області.**

Марка комбайна, господарський номер	Ширина жатки, м	Довжина проходу, м	Швидкість руху, км/год.	Зібрана площа, га	Урожайність, т/га	Витрата паливного, л/га
SAMPO №135 (141)	6,1	1820	3-5	3,49	4,6	13,5
Полесьє КЗС-812 №79	6,8	1820	3-5	4,2	4,6	24,2
CLAAS №125	7,2	1820	3-5	4,0	3,6	26,1
Полесьє КЗС-812 №97	5,8	1820	3-5	2,8	4,6	18,6
SAMPO №133	6,1	1820	3-5	3,16	4,6	13,6
SAMPO №133	6,1	746	3-5	3,42	6,05	16,5
Полесьє КЗС-812 №97	5,8	746	3-5	2,46	6,05	23,6
Полесьє КЗС-812 №79	6,8	746	3-5	4,82	6,05	21,8

За рахунок збільшення площі підбарабання 21 зменшується навантаження на клавіші соломотряса, відповідно, збільшується загальна продуктивність комбайна і стабілізується обмолот головного барабана 6. За допомогою системи подвійної сепарації до 40% зерен виділяється на передньому барабані. Двобарабанна МСС особливо ефективна при роботі у випадку роботи із зволоженою хлібною масою.

Важливою функцією барабана попереднього обмолоту є вирівнювання маси, яка надходить на основний барабан. Система подвійної сепарації сприяє покращенню вимолоченого зерна без суттєвого збільшення витрат палива. Барабан попереднього обмолоту має діаметр 400 мм і обертається з тим же числом обертів що і основний барабан обмолоту, але за рахунок меншого діаметра, його швидкість становить 80% від швидкості барабана.

Молотильно-сепарувальна система побудована за схемою: барабан попереднього обмолоту 20, молотильний барабан 6, відбійний бітер 8, клавішний соломо сепаратор грубого вороху (соломотряс) 17, система очищення зерна. Для зменшення втрат зерна з соломою передбачено барабан-соломорозпушувач 27.

Це сприяє балансуванню потоку обмолочуваної маси, яка надходить на молотильний барабан. Переднє підбарабання пропускає легковимолочуване зерно і складається із семи пластин. Прутки переднього підбарабання мають однакову товщину з прутками основного підбарабання. Для досягнення найкращих показників зазор в передній частині молотарки можна регулювати незалежно від регулювання основної деки. Переднє підбарабання регулюється за допомогою кнопки, розміщеної поза кабіною, з правого боку комбайна, однак регулювання передньої деки має

менший ефект в порівнянні з регулюванням деки головного барабана. Зазор на передній деці на 30% більше зазору на основному під барабанні.

Встановлений на моделі SR-3085 Superior барабан-соломорозпушувач 27 може збільшувати ефективність сепарації до 20%. Барабан-соломорозпушувач обертається над клавішами соломотряса, підкидаючи соломі, таким чином відбувається ворущіння. Кут похилу пальців соломорозпушувача можна регулювати в залежності від умов збирання.

З метою організації спільного виробництва українського комбайна фірмою Sampo Rosenlew Ltd було поставлено ТОВ „ХК „Інноваційні технології” складові елементи для збирання дослідного зразка комбайна, якому присвоєно марку „Сампо-Україна 300” і представлено його на державні приймальні випробування в УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого.

Експлуатаційно-технічні показники зернозбирального комбайна Сампо-Україна 300 визначалися згідно з ГОСТ 24055 та ГОСТ 24057.

Була проведена оцінка відповідності конструкції комбайна зернозбирального самохідного Сампо-Україна 300 вимогам нормативних документів, яка засвідчила, що конструкція комбайна за показниками безпечності та ергономічності в основному відповідає вимогам нормативних документів. До позитивних особливостей конструкції комбайна відносяться наявність реверса похилої камери; можливість відключення подрібнювача соломи одним важелем; наявність барабана попереднього обмолоту, що сприяє технологічному розвантаженню основної МСС, підвищенню кількості сепарації зерна в зоні обмолоту, зменшенню кількості зерна в складі грубого вороху, що надходить на соломотряс, та, в підсумку, – зменшенню рівня втрат за молотаркою.

Висновок. В умовах економічної кризи, недостатнього технічного рівня обладнання підприємств сільськогосподарського машинобудування доцільно розпочати спільне виробництво з фірмою Sampo сучасного зернозбирального комбайна. Згода фінської сторони на свою частку інвестицій у вигляді поставок сучасного обладнання, витрат на навчання технічного персоналу є, черга за українською стороною. І тоді мова про виробництво заявленої кількості зерна набуде реального втілення.

Список літератури

1. *Войтюк Д.Г.* Моніторинг комбайнового ринку України (частина 1) / *Д.Г. Войтюк, О.В. Надточій, В.Д. Войтюк, А.А. Демко, О.А. Демко* // Науковий вісник Національний університет біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – К., 2010. – Вип. 144, ч. 4. – С. 192–200.

2. Войтюк Д.Г. Моніторинг комбайнового ринку України (частина 2) / Д.Г. Войтюк, О.В. Надточій, В.Д. Войтюк, А.А. Демко, О.А. Демко // Науковий вісник Національний університет біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – К., 2010. – Вип. 144, ч. 5. – С. 197–207.

По результатам исследований обоснована возможность создания современного украинского зерноуборочного комбайна совместно с финской фирмой Sampo Rosenlew Ltd и организация его серийного производства в Украине.

Молотильно-сепарирующая система, комбайн, Сампо-Украина 300.

There are ascertained the making possibility of modern Ukrainian grain harvester along with Finnish company Sampo Rosenlew Ltd and the preparation for this production in Ukraine.

Threshing-separately system, combine, Sampo-Ukraine 300.

УДК 620.95

ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК ПОТУЖНОСТІ НАСОСА ТА ПАРАМЕТРІВ ГІДРОРЕАКТИВНОЇ МІШАЛКИ ПРИ ПЕРЕМІШУВАННІ РІПАКОВОЇ ОЛІЇ

**Г.А. Голуб, доктор технічних наук
М.Ю. Павленко, інженер**

Проведено результати експериментальних досліджень впливу конструктивно-технологічних параметрів обладнання для виробництва дизельного біопалива на споживану потужність насоса при використанні гідрореактивного перемішування ріпакової олії.

Дизельне біопаливо, насос, споживана потужність, частота обертання, форсунка, лопатка.

Постановка проблеми. При виробництві дизельного біопалива одним із ключових моментів є забезпечення повного проходження процесу естерифікації, адже від неї залежить якість отриманого продукту.

На проходження процесу естерифікації впливають правильно підібрані хімічні компоненти, температурний режим, час проведення процесу та вид перемішування. Враховуючи те, що в процесі

© Г.А. Голуб, М.Ю. Павленко, 2014

2. Войтюк Д.Г. Моніторинг комбайнового ринку України (частина 2) / Д.Г. Войтюк, О.В. Надточій, В.Д. Войтюк, А.А. Демко, О.А. Демко // Науковий вісник Національний університет біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – К., 2010. – Вип. 144, ч. 5. – С. 197–207.

По результатам исследований обоснована возможность создания современного украинского зерноуборочного комбайна совместно с финской фирмой Sampo Rosenlew Ltd и организация его серийного производства в Украине.

Молотильно-сепарирующая система, комбайн, Сампо-Украина 300.

There are ascertained the making possibility of modern Ukrainian grain harvester along with Finnish company Sampo Rosenlew Ltd and the preparation for this production in Ukraine.

Threshing-separately system, combine, Sampo-Ukraine 300.

УДК 620.95

ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК ПОТУЖНОСТІ НАСОСА ТА ПАРАМЕТРІВ ГІДРОРЕАКТИВНОЇ МІШАЛКИ ПРИ ПЕРЕМІШУВАННІ РІПАКОВОЇ ОЛІЇ

**Г.А. Голуб, доктор технічних наук
М.Ю. Павленко, інженер**

Проведено результати експериментальних досліджень впливу конструктивно-технологічних параметрів обладнання для виробництва дизельного біопалива на споживану потужність насоса при використанні гідрореактивного перемішування ріпакової олії.

Дизельне біопаливо, насос, споживана потужність, частота обертання, форсунка, лопатка.

Постановка проблеми. При виробництві дизельного біопалива одним із ключових моментів є забезпечення повного проходження процесу естерифікації, адже від неї залежить якість отриманого продукту.

На проходження процесу естерифікації впливають правильно підібрані хімічні компоненти, температурний режим, час проведення процесу та вид перемішування. Враховуючи те, що в процесі

© Г.А. Голуб, М.Ю. Павленко, 2014

естерифікації відбувається змішування двох різних за своєю густиною речовин (рослинної олії та метилату калія)[5], правильно підібраний вид перемішування забезпечує повноту проходження самого процесу. Для виробництва дизельного біопалива використовують механічне [6], гідродинамічне та гідрореактивне перемішування. Завдяки своїм особливостям, гідрореактивне перемішування при виробництві дизельного біопалива набуває все більшого поширення.

Аналіз останніх досліджень. Удосконаленням обладнання та технологічних ліній для виробництва дизельного біопалива з використанням гідрореактивного та гідродинамічного перемішування займалися: Барановський М.М., Трегуб М.І, Чуба В.В. які запропонували використовувати в обладнанні для виробництва дизельного біопалива гідрокавітаційну камеру для підвищення якості перемішування рослинної олії та метилату калія [2, 12], Сухенко Ю.Г., Муштрук М.М. [1], які експериментально дослідили використання гідродинамічної кавітації при виробництві дизельного біопалива; Умінський С. [8], який розробив гідродинамічне обладнання для отримання дизельного біопалива в умовах агропромислового виробництва. Розроблено також обладнання для виробництва дизельного біопалива, з використанням гідрореактивної мішалки в процесі естерифікації [3, 7].

Однак, питання визначення споживаної потужності в залежності від параметрів обладнання для виробництва дизельного біопалива на основі гідрореактивного перемішування залишається недослідженим.

Мета досліджень. Експериментально дослідити вплив конструктивно-технологічних параметрів на споживану потужність насоса в обладнанні для виробництва дизельного біопалива з гідрореактивним перемішуванням.

Результати досліджень. Дослідження впливу технологічних параметрів на споживану потужність насоса в обладнанні для виробництва дизельного біопалива з гідрореактивним перемішуванням проводилося в лабораторних умовах з використанням шестерінчастого насоса для перекачування емульсії. Для встановлення взаємозв'язку впливу діаметра форсунки (d), частоти обертання насоса (n_D) та кута нахилу лопатки (α) на споживану потужність насоса (P), було проведено експеримент за планом Бокса-Бенкіна. Інтервали значень та рівні варіювання досліджуваних факторів наведено в табл. 1, а результати вимірювань в табл. 2. За результатами експерименту отримали математичну модель – рівняння регресії у вигляді поліному другого порядку, яке у розкодованій формі має вигляд:

$$P = 49,1201 - 13,9375d - 0,0847n_D + 0,0001n_D^2. \quad (1)$$

1. Інтервали значень та рівні варіювання досліджуваних факторів.

Найменування фактора та його позначення	Рівні факторів			Інтервали варіювання
	-1	0	+1	
Діаметр форсунок, мм	1,5	2,0	2,5	0,5
Частота обертання двигуна, об./хв.	700	1050	1400	350
Кут нахилу лопаток, град	30	60	90	30

2. Значення заданих та вимірюваних величин під час проведення досліджень.

№ п/п досліді	Діаметр форсунок, мм (d)	Частота обертання насоса, об./хв. (n_D)	Кут нахилу лопаток, ° (α)	P , Вт
1	2,5	1400	60	91,88
2	1,5	700	60	9,79
3	2,5	700	60	8,54
4	1,5	1400	60	115,63
5	2,5	1050	90	30,10
6	1,5	1050	30	50,73
7	2,5	1050	30	35,73
8	1,5	1050	90	43,85
9	2,0	1400	90	72,71
10	2,0	700	30	9,38
11	2,0	1400	30	82,08
12	2,0	700	90	7,08
13	2,0	1050	60	33,02
14	2,0	1050	60	37,60
15	2,0	1050	60	36,35

Аналіз залежностей (рис. 1) показує, що зі збільшенням діаметра форсунок споживана потужність насоса зменшується, що пояснюється зменшенням напору насоса. Зі збільшенням частоти обертання насоса споживана потужність насоса збільшується (рис. 2), що пояснюється збільшенням продуктивності насоса.

Аналіз взаємного впливу частоти обертання насоса і діаметра форсунок на споживану потужність насоса (рис. 3) показав, що зі збільшенням частоти обертання насоса та зменшенням діаметру форсунок від 2,5 мм до 1,5 мм, споживана потужність насоса збільшується. Мінімальна споживана потужність насоса становить 1,5 Вт при частоті обертання насоса 700 об./хв., куті нахилу лопаток 60 градусів та діаметрі форсунок 2,5 мм.

По аналогії з рис. 1, із збільшенням діаметра форсунок від 1,5 мм до 2,5 мм споживана потужність насоса зменшується, що пояснюється зменшенням напору насоса, (рис. 4).



Рис. 1. Залежність споживаної потужності насоса від діаметра форсунок.

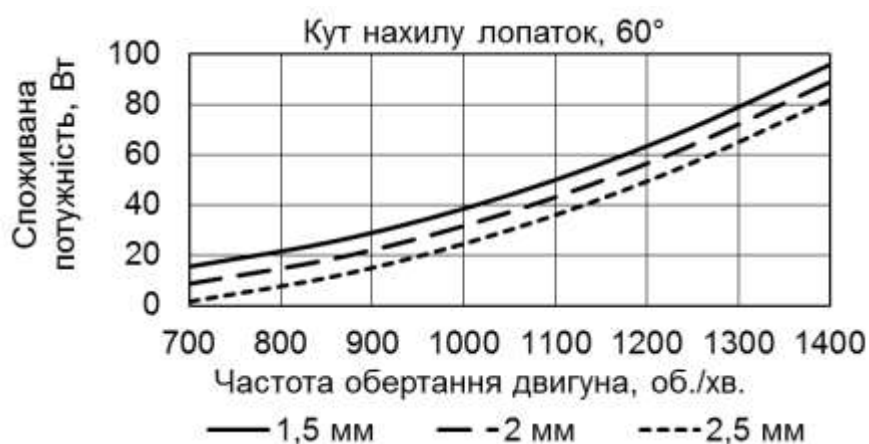


Рис. 2. Залежність споживаної потужності насоса від частоти обертання насоса.

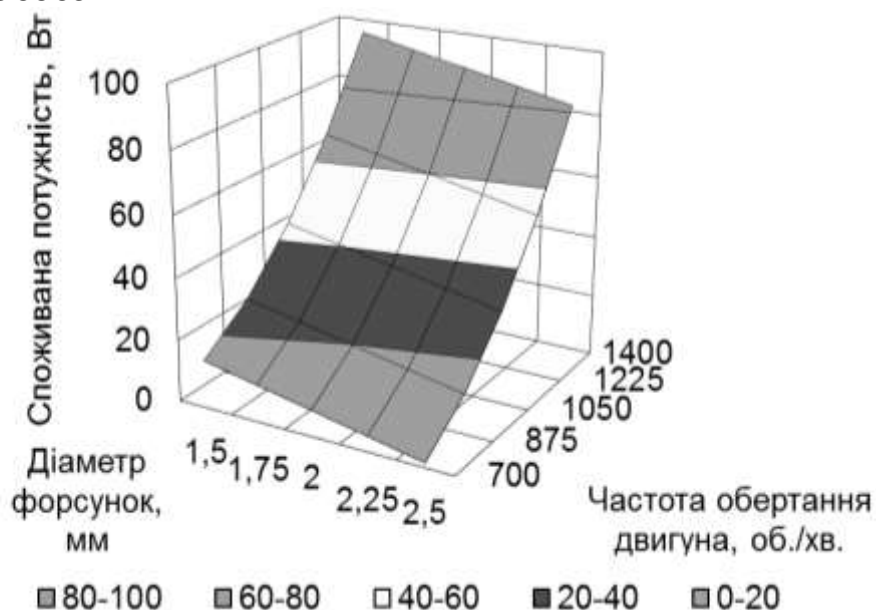


Рис. 3. Залежність споживаної потужності насоса від діаметра форсунок та частоти обертання насоса.



Рис. 4. Залежність споживаної потужності насоса від діаметра форсунок.

Споживана потужність насоса зростає також при збільшенні частоти обертання насоса, що пояснюється збільшенням продуктивності насоса (рис. 5).

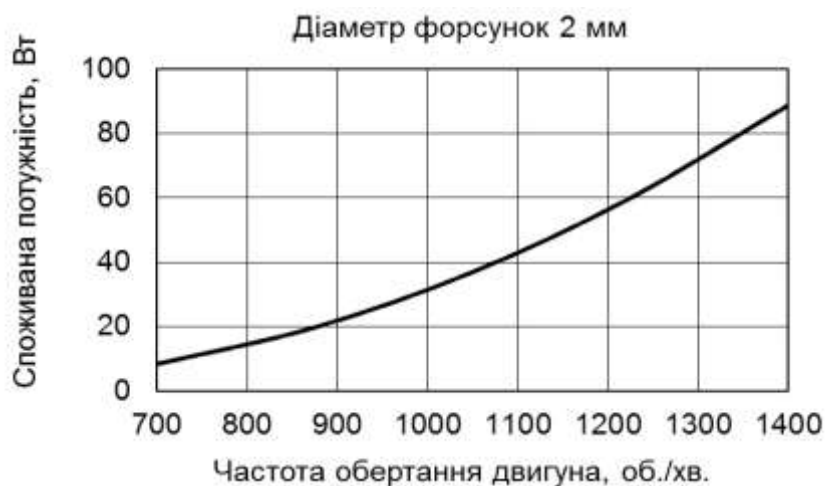


Рис. 5. Залежність споживаної потужності насоса від його частоти обертання.

Висновок. Експериментально встановлено, що мінімальна споживана потужність насоса для проведення процесу естерифікації в обладнанні для виробництва дизельного біопалива з використанням гідрореактивного перемішування спостерігається при діаметрі форсунок від 2 до 2,5 мм та при частоті обертання насоса від 700 до 1050 об./хв. Кут нахилу лопаток не впливає на споживану потужність насоса, значення якої змінювалося в межах від 1,5 до 9 Вт. Максимальна споживана потужність насоса становить від 44 до 95 Вт при діаметрі форсунок від 1,5 до 2 мм та при частоті обертання насоса від 1050 до 1400 об./хв.

Список літератури

1. Використання гідродинамічної кавітації у виробництві дизельного біопалива / [Сухенко Ю., Литвиненко О., Сухенко В., Муштрук М., Бойко Ю.] // Техніка та технології АПК. – 2011. – № 10 (25). – С. 33–36.
2. Деклараційний патент на корисну України (UA) № 27052, МПК (2006) C10L1/00, F24H 4/00. Установка для виготовлення біопалива / Барановський М.М., Трегуб М.І., Чуба В.В.: заявники та патентовласники. – № u200707007; заявл. 22.06.2007; опубл. 10.10.2007, Бюл. № 16.
3. Деклараційний патент на корисну України (UA) № 36284, МПК (2006) C10L1/00, F24H 4/00. Модульна біодизельна установка / Барановський М.М., Трегуб М.І., Чуба В.В.: заявники та патентовласники. – № u200804331; заявл. 07.04.2008; опубл. 27.10.2008, Бюл. № 20.
4. Деклараційний патент на корисну України (UA) № 83164, МПК (2013.01) C10L1/00, C10L1/08, C11C 3/04, B01J 14/00. Обладнання для виробництва дизельного біопалива / Голуб Г.А., Павленко М.Ю., Чуба В.В.; заявник та патентовласник Національний університет біоресурсів та природо користування України. – № u201303451; заявл. 20.03.2013; опубл. 27.08.2013, Бюл. № 16.
5. Павленко М.Ю. Аналіз технологій виробництва дизельного біопалива / М.Ю. Павленко // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – К., 2013. – Вип 185, ч.1. – С. 161–166.
6. Павленко М.Ю. Енергетичні показники процесу етерифікації ріпакової олії / М.Ю. Павленко, Голуб Г.А. // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – К., 2013. – Вип. 185, ч. 3. – С. 91–100.
7. Патент України (UA) № 100569, МПК (2013.01) C10L 1/00, C10L1/08, C11C 3/04, B01J 14/00. Обладнання для виробництва дизельного біопалива / Голуб Г.А., Вірьовка М.І. : заявники та патентовласники; Київ. Державна служба інтелектуальної власності України. – № a201100450; заявл. 14.01.2011; опубл. 10.01.2013, Бюл. № 1.
8. Умінський С. Гідродинамічне обладнання для отримання біопалива / С. Умінський, С. Інютин // Техніка та технології АПК. – 2013. – № 2 (41). – С. 11–13.

Проведено результати експериментальних досліджень впливу конструктивно-технологічних параметрів обладнання для виробництва дизельного біотоплива на потребляемую мощность насоса при использовании гидрореактивного перемешивания рапсового масла.

Дизельное биотопливо, насос, потребляемая мощность, частота вращения, форсунка, лопатка.

Experimental results of influence of equipment structural and technological parameters for biodiesel production on pump power consumption with using hydro jet mixing rapeseed oil are given.

Biodiesel, pump, power consumption, speed, nozzle, shoulder.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ СУЧАСНОГО ЗЕРНОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА САМПО-УКРАЇНА 300

***Д.Г. Войтюк, кандидат технічних наук,
член-кореспондент НААН України
М.С. Волянський, інженер***

***С.В. Смолінський, Ю.О. Гуменюк, кандидати технічних наук
Національний університет біоресурсів і
природокористування України***

***М.Д. Занько, кандидат технічних наук
ДУ «Український науково-дослідний інститут прогнозування і
випродування техніки імені Леоніда Погорілого»***

В статті наведені результати досліджень українського сучасного зернозбирального комбайна Сампо-Україна 300, який найкраще відповідає потребам комбайнового ринку України.

Комбайн Сампо-Україна 300.

Постановка проблеми. Низький технічний стан вітчизняного комбайнового парку щорічно спричиняє Україні втрат вирощеного врожаю на суму близько одного мільйон доларів. Тому нагальною постає проблема пошуку можливостей створення сучасного зернозбирального комбайна та налагодження його серійного виробництва.

Аналіз останніх досліджень. В Україні зроблені певні кроки по створенню конструкцій комбайнів: Славутич, Лан, Скіф та налагодженню їх серійного виробництва на Херсонському машинобудівному заводі. Однак поки що за якістю виконання технологічного процесу і надійністю вони значно поступаються зарубіжним аналогам.

Мета досліджень. Спираючись на набутий вітчизняний досвід комбайнобудування та враховуючи світові тенденції комбайнобудування, створити вітчизняний комбайн з використанням елементної бази зарубіжної фірми.

Результати досліджень. На підставі проведеного аналізу парку комбайнів [1, 2, 3], які працюють в Україні, зроблено висновок, що вимогам критеріїв: витрат палива, продуктивності, енергоємності, прямих експлуатаційних затрат, вартості однієї кінської сили та кілограма маси комбайна, коефіцієнта надійності та ергономічності найкраще відповідає для господарств з урожайністю до 60 ц/га комбайн фірми SAMPO SR-3085 Superior.

© Д.Г. Войтюк, М.С. Волянський, С.В. Смолінський,
Ю.О. Гуменюк, М.Д. Занько, 2014

Були проведені стендові та лабораторно-польові випробування. Умови проведення випробувань представлені в табл. 1.

1. Умови проведення випробувань.

Показник	Значення показника			
	згідно з проектом ТУ	за даними випробувань		
Дата	-	27.07.2012 р.	31.07.2012 р.	13.09.2012 р.
Місце випробування	-	с. Пшеничне Київської обл.		УкрНДІПВТ
Культура	Зернові колосові, зернобобові культури	Озима пшениця	Яра пшениця	Соя
Урожайність, ц/га	Не менше 40,0	40,25	23,2	19,7
Висота рослин, см	-	79	74	84
Полеглість, %	До 20,0	15	6	0
Співвідношення зерна і соломи	1:(0,8-1,5)	1:1,0	1:1,1	1:1,0
Забур'яненість, %	До 1,0	1,8	0,2	0,1
Маса 1000 зерен, г	Не менше 40,0	36,76	28,4	144,0
Висота кріплення нижнього боба, см	-	-	-	14,8
Вологість, %				
- зерна	До 20	12,4	12,1	11,5
- соломи	До 25	12,5	12,3	12,3



Рис. 1. Зернозбиральний комбайн Сампо-Україна 300 під час лабораторно-польових випробувань.

Проведені господарські порівняльні випробування у Вінницькій і Херсонській областях показали високі технічні і економічні показники вказаних комбайнів.

На пропозицію підприємства-виробника – ТОВ „ХК „Інноваційні технології” фірма Sampo Rosenlew Ltd дала згоду поставити складові елементи комбайна з метою їх адаптації до умов збирання зернових в Україні, створити дослідний зразок комбайна і після державних випробувань почати спільно виробництво в Україні. Дослідному зразку була присвоєна марка Сампо-Україна 300 і він був представленим на державні приймальні випробування в УкрНДІПВТ ім. Л.Погорілого (рис. 1).

Показники якості виконання технологічного процесу за результатами лабораторно-польових випробувань наведено в табл. 2, табл. 3.

2. Показники якості виконання технологічного процесу при збиранні озимої пшениці.

Показник	Значення показника					
	згідно з проектом ТУ			за даними випробувань		
Культура	Зернові колосові культури			Озима пшениця		
Оберти барабана, об/хв.	900-1250			800		
Зазор в МСС (на вході молотильного барабана), мм	14-20			12		
Зазор в МСС (на виході із молотильного барабана), мм	8-12			8		
Оберти вентилятора, об/хв.	700-800			750		
Зазори в решетах, мм:						
- верхнє	10-14			14		
- нижнє	8-14			12		
Висота зрізу, см	5,0-20,0			15,5	16	15,7
Ширина захвату, м	5,7			5,5	5,4	5,4
Швидкість руху, км/год.	Не більше 10,0			2,1	4,6	5,6
Продуктивність за годину основного часу, т/год.	Не менше 14,0			4,7	10,2	12,0
Втрати зерна за комбайном, всього, % в тому числі:	Не більше 2,0			1,19	1,15	2,17
- за жнивваркою	Не більше 0,50			0,28	0,30	0,33
- за молотаркою	Не більше 1,50			0,91	0,85	1,84
Дроблення зерна, %	Не більше 2,0			3,8	3,9	3,7
Засміченість зернового вороху, %	Не більше 3,0			1,0	1,0	0,9

За результатами випробувань встановлено, що функціональна здатність основних систем комбайна жатки та молотарки, забезпечує технологічну надійність роботи комбайну на швидкостях до 10 км/год. Продуктивність комбайна досягає 15-18 тонн зерна за 1 годину основного часу. Якість роботи – рівень втрат зерна за комбайном та дроблення зерна в цілому задовольняють вимогам

проекту ТУ. Система очищення зерна забезпечує добре очищення зерна від незернових домішок, внаслідок чого засміченість бункерного зерна – незначна (0,9...1,1%) при допустимій 2,0%.

3. Показники якості виконання технологічного процесу при збирання ярої пшениці.

Показник	Значення показника						
	згідно з проектом ТУ	за даними випробувань					
Культура	Зернові колосові культури	Яра пшениця					
Висота зрізу, см	5,0-20,0	16,1	16,8	16,8	23,3	24,4	24,9
Ширина захвату, м	5,7	5,4	5,5	5,4	5,5	5,4	5,3
Швидкість руху, км/год.	Не більше 10,0	4,1	5,5	6,7	8,2	9,5	11,3
Продуктивність за годину основного часу, т/год.	Не менше 14,0	5,1	7,1	8,3	10,6	11,8	14,0
Втрати зерна за комбайном, всього, %	Не більше 2,0	1,41	1,12	0,97	1,70	1,39	2,30
в тому числі:							
- за жнивваркою	Не більше 0,50	0,34	0,34	0,38	0,41	0,49	0,68
- за молотаркою	Не більше 1,50	1,07	0,78	0,59	1,29	0,90	1,62
Дроблення зерна, %	Не більше 2,0	4,0	4,2	3,9	4,5	4,3	4,0
Засміченість зернового вороху, %	Не більше 3,0	5,3	5,3	5,8	5,5	5,9	5,0

За результатами агротехнічної оцінки встановлено, що комбайна Сампо-Україна 300 на прямому комбайнуванні озимої пшениці, задовільно виконує технологічний процес і забезпечує регламентовану продуктивність та якість роботи за показниками втрат, дроблення та засміченості зерна.

Ефективність використання робочого часу комбайна Сампо-Україна 300 задовільна: коефіцієнт використання змінного часу становить 0,71, що відповідає вимогам проекту ТУ.

За період випробувань напрацювання по комбайну склало 45 год. основного часу. За цей час комбайном скошено 97 га ранніх зернових колосових культур і намолочено 380 тонн зерна. Технічних відмов за цей період не відмічено, коефіцієнт надійності становить 1,00. Слід відзначити високий технічний рівень та рівень елементної бази комбайна.

Техніко-технологічні рішення, використані в його конструкції, відповідають сучасним тенденціям комбайнобудування. Комбайни Сампо-Україна 300 відповідають всім вимогам ергономічності, охорони та безпеки праці.

Технічна експертиза та результати випробувань дають підставу стверджувати, що згідно технологічної схеми і технічних

рішень, використаних в конструкції, параметрів системи обмолоту і основної сепарації зерна, ширини молотарки, довжини клавішного соломотрясу і здатності жатки працювати в режимі високих робочих швидкостей комбайн може забезпечити технологічно надійну та високопродуктивну роботу з намолотом до 18 тонн зерна за 1 годину основного часу.

Висновок. В даний час комбайни з таким рівнем продуктивності як у Сampo-Україна 300 широко використовуються в умовах зерновиробництва України. Тенденції до збільшення їх кількості зберігаються і тому вони є бажаними в складі її комбайнового парку.

Список літератури

1. Войтюк Д.Г. Моніторинг комбайнового ринку України (частина 1) / Д.Г. Войтюк, О.В. Надточій, В.Д. Войтюк, А.А. Демко, О.А. Демко // Науковий вісник Національний університет біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – К., 2010. – Вип. 144, ч. 4. – С. 192–200.
2. Войтюк Д.Г. Моніторинг комбайнового ринку України (частина 2) / Д.Г. Войтюк, О.В. Надточій, В.Д. Войтюк, А.А. Демко, О.А. Демко // Науковий вісник Національний університет біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – К., 2010. – Вип. 144, ч. 5. – С. 197–207.
3. Демко А. Метод визначення пропускної здатності молотильно-сепарувального пристрою зернозбиральних комбайнів з урахуванням зміни техніко-експлуатаційних характеристик / А. Демко, О. Надточій, О. Демко // Техніка і технології АПК. – №2. – 2012. – С. 32–35.

В статье приведены результаты исследований украинского современного зерноуборочного комбайна Сampo-Украина 300, который наилучшим образом отвечает требованиям комбайнового рынка Украины.

Комбайн Сampo-Украина 300.

There are described in paper the results of experimental researches of Sampo-Ukraine 300 modern Ukrainian grain harvester to meet requirement of Ukrainian grain harvester market.

Combine Sampo Ukraine 300.

УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСОМ ВИДАЛЕННЯ ГНОЮ ПРИ УТРИМАННІ ТВАРИН

*Г.А. Голуб, доктор технічних наук
Р.Л. Швець, аспірант**

Наведений принцип управління видаленням гною при утриманні тварин шляхом зміни дози підстилки.

Гноївка, велика рогата худоба, свині, гній, вологість, підстилка.

Постановка проблеми. Функціонування сільськогосподарського виробництва повинно здійснюватися на безвідходної основі із розширеним відтворенням родючості ґрунтів. Однак, в даний час поширилися методи виробництва сільськогосподарської продукції, які базуються на застосуванні інтенсивних технологій, коли потреба рослин в елементах живлення компенсується за рахунок мінеральних добрив. Натомість дози внесення органічних добрив на порядок менше необхідної кількості для компенсації втрат гумусу, що призводить до погіршення біологічних властивостей ґрунту і його деградації.

Безвідходна технологія являє собою такий спосіб виробництва сільськогосподарської продукції, при якому негативний вплив на навколишнє середовище відсутній або не перевищує рівня санітарно-гігієнічних норм та гранично допустимих концентрацій. Одним з елементів безвідходного виробництва сільськогосподарської продукції є переробка і використання гною.

У зв'язку з цим, виникає необхідність в управлінні процесом видалення гною великої рогатої худоби (ВРХ) та свиней, питома вага якого в загальній кількості гною найбільша, в повноцінні органічні добрива з використанням технологій біогазового зброджування і компостування.

Незважаючи на значну кількість проведених досліджень, питання управління процесом видалення гною, з плануванням його подальшого розподілу шляхом зміни доз підстилки, вимагає проведення подальших досліджень.

Аналіз останніх досліджень. Гній тваринницьких ферм являє собою суміш твердих і рідких екскрементів тварин, розчинених в них мінеральних і газоподібних речовин, технологічної та змивної води,

**Науковий керівник – доктор технічних наук Г.А. Голуб*

© Г.А. Голуб, Р.Л. Швець, 2014

відходів корму. Маючи велику вологість, гній містить значну кількість мінеральних і органічних важко окислювальних речовин. Одночасно має досить великий запас енергії, акумульованої в його біомасі.

Гній використовують не тільки в якості органічного добрива, з нього отримують кормові дріжджі, біогаз, використовують як добавки в корм тваринам, на його основі вирощують хробаків, мух, ряску, глечики сальвінії, хлорелу, використовують в гідропонних системах [6, 8, 9, 10, 17].

Але все ж, у більшості випадків гній використовують в якості органічного добрива, так як він не тільки підвищує вміст гумусу у ґрунті, але й істотно покращує її фізико-хімічні властивості, збільшує запас поживних речовин, знижує кислотність, підвищує поглинальну здатність, буферність, вологоємність, шпаруватість і водопроникність, збагачує ґрунт мікрофлорою, посилює біологічну активність і виділення вуглекислоти, зменшує опір робочих органів при обробці ґрунту [1, 3, 4].

В процесі переробки гній фермських підприємств є джерелом для отримання газоподібного палива на основі біометану, а також компостів на основі підстилкового гною і гноївки після метанового зброджування, які повинні бути основним видом органічних добрив у рослинництві.

Гноївка – рідина, яка виділяється із гною при його видаленні та зберіганні. Її використовують для виробництва компостів, як рідке органічне добриво і в якості біосировини в біогазових технологіях [3].

Одним з найважливіших принципів виробництва компосту є додавання у вихідну суміш вуглецевих матеріалів, які є основним компонентом дихання і живлення мікроорганізмів і які здійснюють процес аеробного зброджування. При закладці матеріалів на компостування потрібно витримувати певне співвідношення між азотом і вуглецем. Для підтримки заданого балансу, багаті азотом матеріали насичують вуглецевими матеріалами, зокрема до гною додають відповідну норму підстилки. Для того, щоб процес компостування йшов у потрібному напрямку, компостна суміш повинна мати вуглець і азот у співвідношенні $C:N = 20-30:1$ (C – кількість вуглецю, N – кількість азоту) [15].

При використанні гною для виробництва біогазу виділяють дві технології: рідко фазну і твердо фазну. При твердо фазній технології виникають труднощі, пов'язані із забезпеченням оптимальних умов протікання мікробіологічних процесів ферментації біомаси. У першу чергу це стосується завантаження і гомогенізації біомаси яка надходить на зброджування. Застосування рідко фазної ферментації є більш поширеним у практиці використання біогазових установок. При цьому, забезпечують безперервне введення невеликими

порціями вхідної біомаси в метантенк, який представляє собою ємність-змішувач, де підтримується задана вологість і температура без доступу повітря [5].

Система видалення гною з приміщень для тварин і добовий обсяг гною істотно позначаються на обсягах гноєсховищ, а отже, на капітальних витратах, необхідних для їх спорудження. Крім того, при накопиченні сировини необхідно враховувати ті обставини, що з часом гній втрачає азот та органічну речовину, що багато в чому визначає ефективність наступного етапу його використання для виробництва компосту та отримання біогазу [5].

Слід зазначити, що метанове зброджування не забезпечує знезараження гною, який піддається ферментації в біогазових установках, крім того у разі відкритого зберігання відходів зброджування виділятися метан. Так, наприклад, відповідно до законів Німеччини про поновлювані джерела енергії, підвищена увага приділяється закритим сховищам для зберігання біомаси після зброджування. Розміри таких сховищ, як правило, споруджують об'ємом, який забезпечував би утримання збродженої біомаси не менш ніж 180 днів [13].

Нами також запропоновано технологію, яка передбачає збір суміші гною і підстилки вздовж зони утримання тварин, її поділ на гноївку і підстилковий гній, видалення їх з тваринницького приміщення та подальше використання гноївки для анаеробного зброджування з отриманням біогазу, а підстилкового гною, який містить підстилку, для компостування і подальшого використання отриманого компосту як органічного добрива [5, 11].

Мета досліджень. Встановлення закономірностей виходу гноївки з підстилкового гною при утриманні тварин в залежності від дози підстилки.

Результати досліджень. Добова кількість гноївки яку можна отримати з тваринницьких підприємств залежить від добової кількості підстилки та добової кількості гною, яка обумовлюється видом, кількістю тварин та кількістю і видом використовуваної підстилки.

Загальновідомо, що добова кількість гною та необхідна кількість підстилки, а також загальна кількість їх суміші на тваринницьких підприємствах визначається наступним чином:

$$Q_{\Gamma} = nq, \quad (1)$$

де Q_{Γ} – добова кількість гною тварин, кг/добу; n – кількість тварин, гол.; q – добовий вихід гною на тваринницьких підприємствах, відповідно до ВНГК-АПК-09.06 (табл. 1, табл. 2) [14], перерахований

на одну свиноматку (табл. 3), та одну дійну корову (табл. 4), кг/гол. за добу.

1. Добові норми виходу та вологості екскрементів на свинофермах.

Групи тварин	Вихід екскрементів та їх склад					
	всього		у тому числі			
	маса, кг	вологість, %	кал		сеча	
			маса, кг	вологість, %	маса, кг	вологість, %
Кнури	11,04	89,43	3,80	75,0	7,24	97,0
Свиноматки:						
холості	8,80	90,87	2,46	73,8	6,34	97,5
супоросні	10,00	91,01	2,60	73,1	7,40	97,3
підсисні	15,30	90,14	4,30	73,1	11,00	96,8
Поросята віком, днів						
26–42	0,40	90,03	0,10	70,0	0,30	96,7
43–60	0,70	85,29	0,30	71,0	0,40	96,0
60–106	1,80	86,62	0,70	71,4	1,10	96,3
Свині на відгодівлі масою, кг						
до 70	5,00	86,98	2,05	73,0	2,95	96,7
більше 70	6,50	87,68	2,70	74,7	3,80	96,9

2. Добові норми виходу та вологості екскрементів на молочних фермах.

Групи тварин	Вихід екскрементів та їх склад					
	всього		у тому числі			
	маса, кг	вологість, %	кал		сеча	
			маса, кг	вологість, %	маса, кг	вологість, %
Корови	55,00	88,44	35,00	85,2	20,00	94,1
Телята ремонтні:						
до 3-х місяців	4,50	91,74	1,00	80,0	3,50	95,1
від 3-х до 6 місяців	7,50	87,40	5,00	83,0	2,50	96,2
Телиці і нетелі:						
від 6 до 12 місяців	26,00	86,24	14,00	79,5	12,00	94,1

$$Q_{II} = nq, \quad (2)$$

де Q_{II} – добова потреба у підстилці, кг/добу; q_{II} – добова потреба у підстилці перерахована на одну тварину, кг/гол. за добу.

$$Q_C = n(q_I + q_{II}), \quad (3)$$

де Q_C – загальна добова кількість суміші гною та підстилки, кг/добу.

3. Добовий вихід гною на свинофермах із розрахунку на одну свиноматку.

Група тварин	Вихід екскрементів та їх склад			
	Кал		Сеча	
	маса, кг	вологість, %	маса, кг	вологість, %
Основні свиноматки	2,9	73,2	7,8	97,2
Ремонтні свиноматки	1,0	73,8	2,5	97,5
Кнури та ремонтні хряки	0,1	75,0	0,3	97,0
Поросята	1,7	71,3	2,7	96,3
Свині на відгодівлі	12,2	74,0	17,3	96,8
Загальний вихід і вологість гною із розрахунку на одну свиноматку	17,9	73,6	30,7	96,9
	48,5	кг	88,3	%

4. Вихід гною на скотарських підприємствах із розрахунку на одну дійну корову.

Група тварин	Вихід екскрементів та їх склад			
	кал		сеча	
	маса, кг	вологість, %	маса, кг	вологість, %
Дійні корови	35	85,2	20	94,1
Нетелі	4	80,0	3	94,4
Вихід і вологість гною із розрахунку на одну дійну корову за добу	39	84,7	23	94,1
	62	кг	88,2	%

Вологість підстилкового гною при максимальній водоутримуючій здатності (МВЗ) обумовлюється видом підстилки і для рослинних матеріалів вона знаходиться, як правило, в межах від 76 до 84% [3]. Відомо, також, що кількість води, яка перевищує максимальну водоутримуючу здатність підстилкового гною, обумовлену наявністю підстилки, становить:

$$Q_G^B = Q_C \frac{W_C - W_{ПН}}{100 - W_{ПН}}, \quad (4)$$

де Q_G^B – добова кількість води, яка не утримується підстилковим гноем і надходить до гноївки, кг/добу; W_C – вологість суміші гною та підстилки, %; $W_{ПН}$ – вологість підстилкового гною при максимальній кількості утримуваної води (вологість при максимальній водоутримуючій здатності), %.

Очевидно, що вологість суміші гною та підстилки визначається так:

$$W_C = \frac{q_G W_G + q_{ПН} W_{ПН}}{q_G + q_{ПН}}, \quad (5)$$

де W_C – вологість суміші гною та підстилки, %; W_G – вологість гною, %; $W_{ПН}$ – вологість підстилки, %.

Враховуючи, що добова кількість гноївки становить:

$$Q_{ГН} = \frac{Q_{Г}^B}{W_{ГН}}, \quad (6)$$

де $Q_{ГН}$ – добова кількість гноївки, кг/добу; $W_{ГН}$ – вологість гноївки, відн. од., та підставивши значення кількості води, яка перевищує максимальну водоутримуючу здатність підстилкового гною, обумовлену наявністю підстилки, одержимо:

$$\begin{aligned} Q_{ГН} &= \frac{Q_{С}}{W_{ГН}} \cdot \frac{W_{С} - W_{ПН}}{100 - W_{ПН}} = \frac{n(q_{Г} + q_{П})}{W_{ГН}} \cdot \frac{W_{С} - W_{ПН}}{100 - W_{ПН}} = \\ &= \frac{n(q_{Г} + q_{П})}{W_{ГН}} \cdot \frac{q_{Г}W_{Г} + q_{П}W_{П} - W_{ПН}}{100 - W_{ПН}} = \\ &= \frac{n}{W_{ГН}} \cdot \frac{q_{Г}W_{Г} + q_{П}W_{П} - (q_{Г} + q_{П})W_{ПН}}{100 - W_{ПН}}. \end{aligned} \quad (7)$$

На основі отриманого рівняння побудовано залежність виходу гноївки в залежності від вологості підстилкового гною при МВЗ та дози підстилки для свиней (рис. 1) та корів (рис. 2).

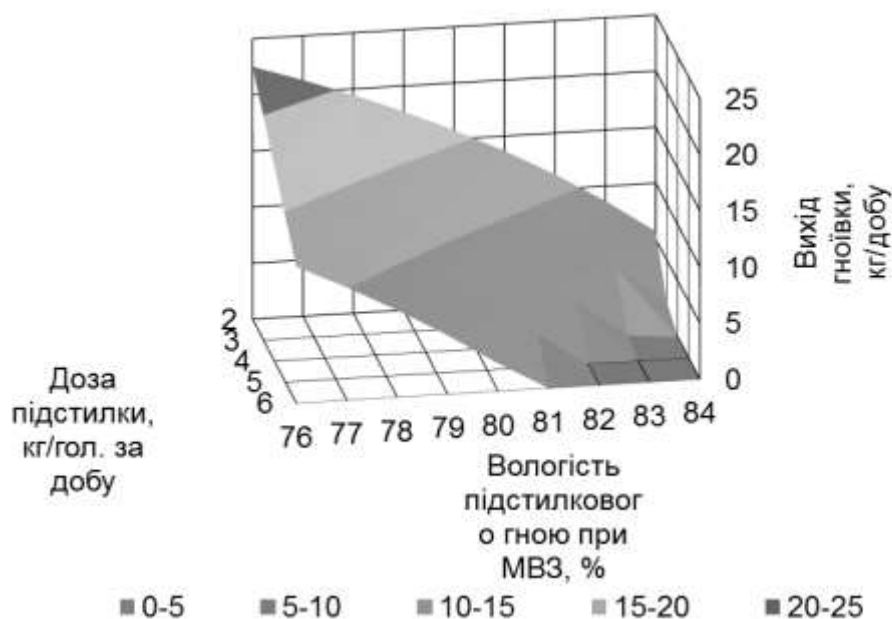


Рис. 1. Залежність виходу гноївки від вологості підстилкового гною при МВЗ та дози підстилки для свиней.

Аналіз взаємного впливу вологості підстилкового гною при МВЗ та дози підстилки в залежності від потреби для тварин показав, що максимальний вихід гноївки спостерігається при зменшенні внесення підстилки та зменшенні вологості підстилкового гною при МВЗ. Натомість при збільшенні внесення підстилки від 4 до 6 кг/гол. для

свиней та 5 до 8 кг/гол за добу для ВРХ будемо мати відсутність виходу гноївки в межах зміни вологості підстилкового гною при МВЗ від 82 до 84 % відповідно.

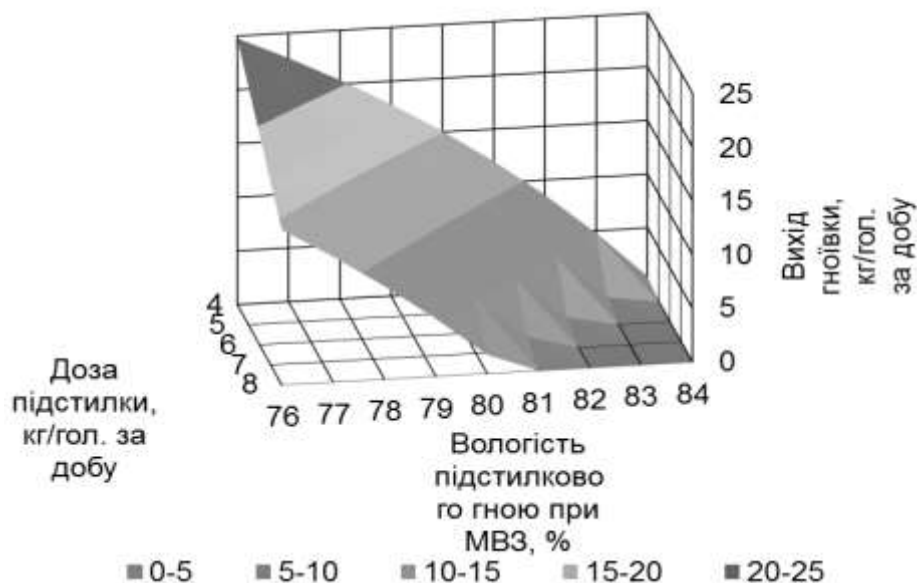


Рис. 2. Залежність виходу гноївки від вологості підстилкового гною при МВЗ та дози підстилки для корів.

Встановлено, що зі збільшенням внесення підстилки та вологості підстилкового гною при МВЗ від 77 до 82 %, вологість підстилкового гною збільшується на величину від 1 до 1,5 % (рис. 3 для свиней та рис. 4 для корів).

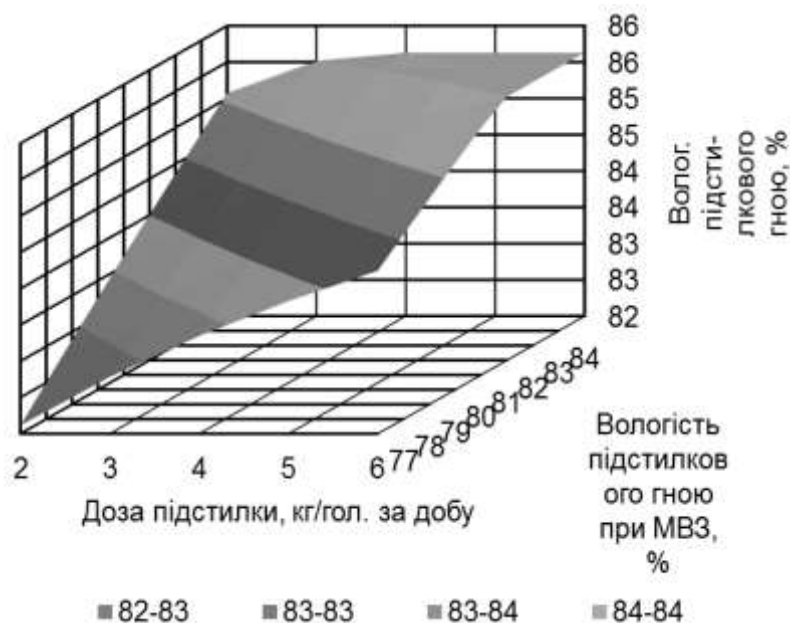


Рис. 3. Залежність вологості підстилкового гною від вологості підстилкового гною при МВЗ та дози підстилки.

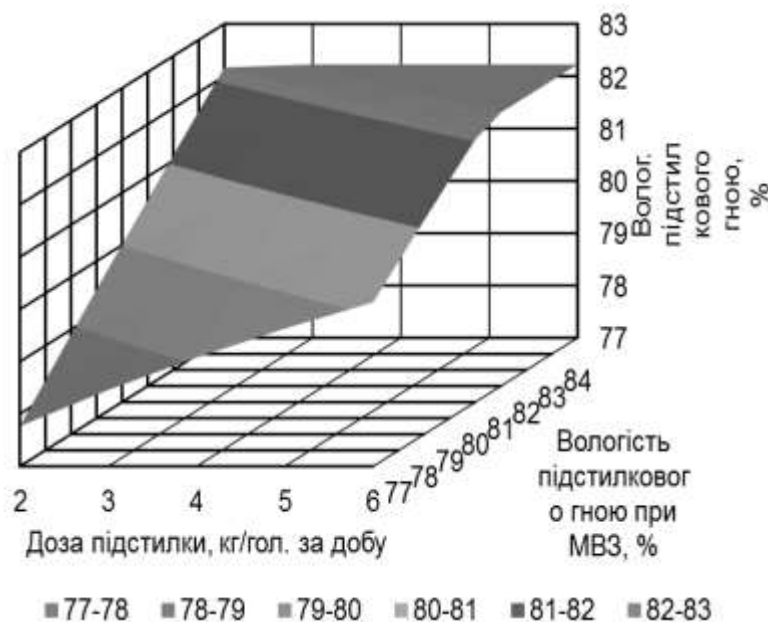


Рис. 4. Залежність вологості підстилкового гною від вологості підстилкового гною при MB3 та дози підстилки.

Зі збільшенням вологості підстилкового гною при MB3 більше 82 % внесення підстилки понад 3 кг/гол за добу не має суттєвого впливу на вологість підстилкового гною свиней та ВРХ. Це пов'язано з тим, що вологість підстилкового гною досягає своєї критичної межі і подальше поглинання рідкої фракції припиняється.

Із збільшенням дози внесення підстилки спостерігається зменшення виходу гноївки при незмінному значенні вологості. На основі отриманого рівняння було побудовано залежності виходу гноївки від виду тварин при внесенні різної дози підстилки та величині максимальної водоутримуючої здатності на рівні 80% (рис. 5).

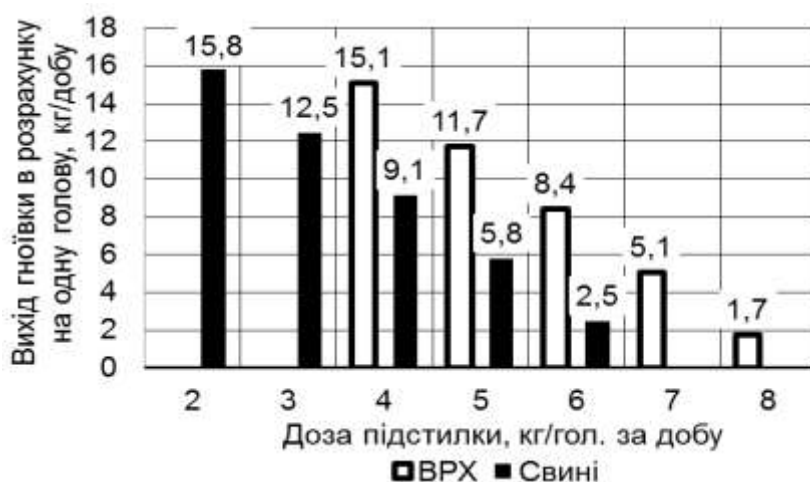


Рис. 5. Залежність виходу гноївки від дози підстилки при вологості підстилкового гною, яка відповідає MB3 на рівні 80 %.

Із графіка видно, що зі збільшенням дози внесення підстилки спостерігається зменшення виходу гноївки при постійному значенні величини вологості підстилкового гною, яка відповідає МВЗ. Так, наприклад, при добовому використанні підстилки в кількості 4 кг/гол., вихід гноївки становитиме 15,1 кг/гол. за добу для ВРХ та 9,1 кг/гол. за добу для свиней, а при збільшенні дози підстилки до 6 кг/гол., відповідно – 8,4 та 2,5 кг/гол. за добу.

Висновок. Встановлені закономірності виходу гноївки залежно від дози підстилки дозволяють здійснювати управління процесом видалення гною з плануванням обсягів подальшого розподілу підстилкового гною на аеробну ферментацію та гноївки на анаеробне зброджування в біогазових установках з подальшим її поверненням у процес компостування підстилкового гною.

Список літератури

1. *Агрохимия* / Под ред. В.М. Ключковского, А.В. Петербургского. – М.: Колос, 1967. – 583 с.
2. *Агрохимия в вопросах и ответах* / [А.А. Каликин, И.Р. Вильдфлуш, В.А. Ионас и др.]. – Минск: Ураджай, 1991. – 240 с.
3. *Васильев В.А.* Справочник по органическим удобрениям / В.А. Васильев, Н.В. Филиппова [2-е изд.] – М.: Росагропромиздат, 1988. – 255 с.
4. *Васютин А.С.* Земледелие России: состояние и задачи / А.С. Васютин // *Земледелие*. – 1996. – № 3. – С. 4–5.
5. *Голуб Г.А.* Агропромислове виробництво їстівних грибів. Механіко–технологічні основи / Г.А. Голуб. – К.: Аграрна наука, 2007. – 332 с.
6. *Долгов В.С.* Гигиена уборки и утилизации навоза / В.С. Долгов. – М.: Россельхозиздат, 1984. – 175 с.
7. *Дубровин В.О.* Виробництво біогазу з органічних відходів в умовах окремого господарства / В.О. Дубровин, В.Г. Мироненко, В.В. Криворучко, В.І. Тимошенко, І.В. Мельник // *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*. – К., 2009. – Вип. 134, ч. 2. – С. 96–100.
8. *Звягинцев Д.Г.* Современные проблемы экологии почвенных микроорганизмов / Д.Г. Звягинцев // *Микробиология окружающей среды*. – Алма-Ата, 1980. – С. 65–78.
9. *Лер Р.* Переработка и использование сельскохозяйственных отходов : пер. с англ. / Под. ред. А. Н. Шамко. – М.: Колос, 1979. – 415 с.
10. *Методические рекомендации по проектированию систем удаления, обработки, обеззараживания, хранения и утилизации навоза и помета*. – М.: Колос, 1983. – 61 с.
11. *Патент* на корисну модель № 18512 Україна, МПК (2013.01), А01К 23/00. Спосіб видалення та підготовки підстилкового гною до утилізації / Голуб Г.А., Заболодько О.О., Хмельовський В.С., Марус О.А. ; власник Національний університет біоресурсів і природокористування України – Заяв. 08.02.2012, № а 201201345; Опубл. 10.07.2013, Бюл. №13.
12. *Поліщук В.М.* Біотехнологічні основи виробництва біогазу / В.М. Поліщук, М.М. Лоботко, О.В. Дубровіна // *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*. – К., 2013. – Вип. 185, ч. 2. – С. 289–296.

13. *Руководство по биогазу от получения до использования*: Идентификационный номер проекта (FKZ/ИНП): 22005108/ Немецкий центр исследования биомассы Torgauer Straße 116- 04347 Leipzig [5-е полностью перераб. изд.] Гюльцов,; издано агентством по возобновляемым ресурсам (FNR) FachagenturNachwachsendeRohstoffee. V. 2010. – 214 с.
14. *Системи видалення, обробки, підготовки, та використання гною*: ВНТП–АПК 09.06. Офіц. видання. – К.: Міністерство аграрної політики України 2006. – 100 с.
15. *Справочная книга по химизации сельского хозяйства* / [Под ред. В.М. Борисова.] – 2-е изд., перераб. и доп. – М.:Колос, 1980. – 560 с.
16. *Технологія переробки біологічних відходів у біогазових установках з обертовими реакторами* / [Голуб Г.А., Сидорчук О.В., Кухарець С.М., та ін.]; за ред. д-ра техн. наук, проф. Г.А. Голуб. – К.: Видавничий центр НУБіП України, 2014. – 106 с.
17. *Тиво П.Ф. Эффективное использование бесподстилочного навоза* / П.Ф. Тиво, С.Г. Дробот. – Минск: Ураджай, 1988. – 116 с.

Приведено принцип управління удалением навоза при содержании животных путем изменения дозы подстилки.

Навозная жижа, крупный рогатый скот, свиньи, навоз, влажность, подстилка.

The management principle of animals manure removal by changing of dose litter is given.

Aqua manure, cattle, pigs, manure, humidity, litter.

УДК 631.354.2

МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ЙМОВІРНИХ ВТРАТ ЗЕРНА ЗА МСП КОМБАЙНІВ ДОН-1500Б

О.А. Демко, аспірант*

Аналітично визначено ймовірні значення механічних втрат в залежності від їх площ за соломотрясом і за решітним станом.

Зернозбиральні комбайни, площа, п'єзометричні датчики, ймовірність, числові значення, оцінка.

Аналіз останніх досліджень. В більшості публікацій [1–6] тільки констатуються числові значення механічних втрат за молотильно-сепаруючим пристроєм зернозбиральних комбайнів. Про те не розглядається і не аналізується сама система

***Науковий керівник – доктор технічних наук В.О. Дубровін**

© О.А. Демко, 2014

13. *Руководство по биогазу от получения до использования*: Идентификационный номер проекта (FKZ/ИНП): 22005108/ Немецкий центр исследования биомассы Torgauer Straße 116- 04347 Leipzig [5-е полностью перераб. изд.] Гюльцов,; издано агентством по возобновляемым ресурсам (FNR) FachagenturNachwachsendeRohstoffee. V. 2010. – 214 с.
14. *Системи видалення, обробки, підготовки, та використання гною*: ВНТП–АПК 09.06. Офіц. видання. – К.: Міністерство аграрної політики України 2006. – 100 с.
15. *Справочная книга по химизации сельского хозяйства* / [Под ред. В.М. Борисова.] – 2-е изд., перераб. и доп. – М.:Колос, 1980. – 560 с.
16. *Технологія переробки біологічних відходів у біогазових установках з обертовими реакторами* / [Голуб Г.А., Сидорчук О.В., Кухарець С.М., та ін.]; за ред. д-ра техн. наук, проф. Г.А. Голуб. – К.: Видавничий центр НУБіП України, 2014. – 106 с.
17. *Тиво П.Ф. Эффективное использование бесподстильного навоза* / П.Ф. Тиво, С.Г. Дробот. – Минск: Ураджай, 1988. – 116 с.

Приведено принцип управління удалением навоза при содержании животных путем изменения дозы подстилки.

Навозная жижа, крупный рогатый скот, свиньи, навоз, влажность, подстилка.

The management principle of animals manure removal by changing of dose litter is given.

Aqua manure, cattle, pigs, manure, humidity, litter.

УДК 631.354.2

МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ЙМОВІРНИХ ВТРАТ ЗЕРНА ЗА МСП КОМБАЙНІВ ДОН-1500Б

О.А. Демко, аспірант*

Аналітично визначено ймовірні значення механічних втрат в залежності від їх площ за соломотрясом і за решітним станом.

Зернозбиральні комбайни, площа, п'єзометричні датчики, ймовірність, числові значення, оцінка.

Аналіз останніх досліджень. В більшості публікацій [1–6] тільки констатуються числові значення механічних втрат за молотильно-сепаруючим пристроєм зернозбиральних комбайнів. Про те не розглядається і не аналізується сама система

***Науковий керівник – доктор технічних наук В.О. Дубровін**

© О.А. Демко, 2014

електронного контролю через конструктивні рішення розміщення датчиків. В інструкціях, методичних посібниках не даються орієнтовні значення втрат зерна залежно від урожайності, соломистості, агробіологічного стану хлібної маси. Користування відносними значеннями ймовірних втрат залежно від суб'єктивної оцінки урожайності на площі поля, урожай з якого передбачається збирати, приводить до значних помилок комбайнерів при виборі робочих швидкостей для забезпечення високої продуктивності ЗК.

Мета досліджень. Аналітично досліджені числові значення механічних втрат зерна залежно від конструктивних рішень розміщення датчиків на соломотрясі і за решітним станом.

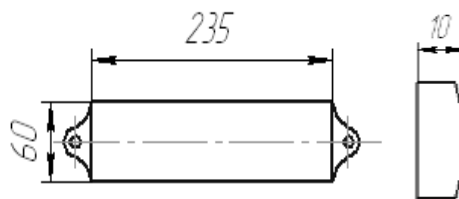
Результати досліджень. Опишемо інформацію, надану для комбайнерів в інструкції з експлуатації с.183, 184, 286. Блоки БИП, УФИ-2 і датчики втрат ДПЗП-1 призначені для оперативного представлення інформації про зміни інтенсивності втрат за соломотрясом і очисткою з метою підтримування заданого рівня втрат. Датчики втрат ВQ1...ВQ2 призначені для перетворення енергії падаючих зерен в електричні сигнали ВQ1...ВQ4 змонтовані в кінці двох середніх клавiш соломотряса, а ВQ5 і ВQ6 – під лотком половонабивача. УФИ-2 змонтований на лівій боковині молотарки над заднім контр приводом і призначений для підсилення електричних сигналів, що поступають з датчиків ВQ1...ВQ6 і формування імпульсів, що забезпечують роботу блока індикації БИП.[1]. Порядок роботи з пристроєм СИИП.

На попередньо відрегульованому (згідно умов збирання і стану збираної культури) комбайні визначають шляхом пробних заїздів на ділянці 50...100 м збираного поля максимальну швидкість руху комбайна, при якій втрати зерна за молотаркою не перевищують норми. Під час пробних заїздів перемикач на блоці БИП має бути в положенні «настройка». Після визначення оптимальної швидкості руху приступайте до збирання поля, на якому проводилися пробні заїзди і, через одну-дві хвилини після початку збирання, поставте тумблер на лицевій панелі БИП в положення «робота». При цьому повинні засвітитися піктограми обох каналів, розміщені в середині зеленого сектора.

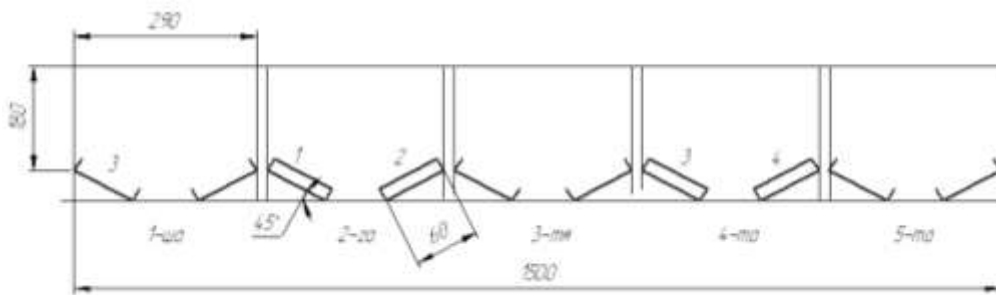
В подальшому швидкість комбайна підтримуйте такою, щоб світилися лампи в зеленому секторі. Освітлення піктограми «повышение потери» і поява звукового сигналу (при незмінних умовах роботи) свідчить про значні збільшення рівня втрат, порушення оптимального процесу обмолоту. Якщо під час збирання стабільно світяться лампочки в нижньому секторі, необхідно очистити чутливість поверхонь датчиків відповідних каналів і сепаруючого каналу і сепаруючу поверхню над ними. При зміні умов

збирання, переході на інше поле або іншу культуру повторити наладку БИП. Згідно порядку описаному раніше.

Електронна система контролю відносних значень механічних втрат зерна за молотильно-сепаруючим пристроєм комбайнів Дон-1500, Дон-1500Б має свої конструктивні особливості (рис. 1).



а) розміри датчика



б) датчики на соломотрясі



в) датчики за решітним станом

Рис. 1. Схема розміщення датчиків на клавішах соломотряса і за решітним станом.

Чотири п'єзодатчики розміщені на 2-му і 4-му клавішах, продольно по два датчики під кутом 45° , (Q_1 і Q_2) – на другій клавіші, (Q_3 і Q_4) – на четвертій клавішах, (Q_5 і Q_6) – поперечно до напрямку руху за решітним станом. Сигнали від п'єзодатчиків на соломотрясі через прилад УФИ поступають на окремий інформаційний візуальний блок БИП, а показники втрат за решітним станом поступають на паралельний інформаційний візуальний блок. Згідно інструкції по експлуатації комбайнів максимальні допустимі відносні втрати складають в об'ємі 1,5%. Це означає, що відносні втрати можуть бути в межах 0,75%. Тобто, втрати за соломотрясом і решетами мають бути рівнозначними. З прикладних досліджень відомо, що після барабана в соломі знаходиться так 17% зерна від

маси урожаю, а через решітний стан проходить 100% зерна. Схема розміщення п'єзодатчиків в комбайні апріорно передбачається попадання зерен на контроль по закону рівної ймовірності. При нахилах вліво-вправо показання двох датчиків об'єднувалися в один інформаційний сигнал. Для перевірки ймовірних значень попадання зерен на датчики були проведені відповідні прикладні розрахунки.

Методика розрахунку ймовірних втрат зерна за МСП комбайнів Дон-1500.

1. Розрахунок площі зібраної комбайном із жаткою шириною 6 м за 1 сек.

($V_k = 5$ км/год) = 1,39 м/сек:

$$S = V_k \cdot L_k = 1,39 \cdot 6 = 8,34 \text{ м}^2. \quad (1)$$

2. Розрахуємо площу покриття молотаркою комбайна за 1 сек.:

$$S = V_k \cdot L_m = 1,39 \cdot 1,5 = 2,085 \text{ м}^2/\text{сек}. \quad (2)$$

3. Відношення площі зібраної комбайном з жаткою до площі покритої молотаркою за 1 сек.:

$$\Delta S = \frac{S_k}{S_m} = \frac{8,34}{2,085} = 4. \quad (3)$$

4. Визначаємо площу днищ соломотряса по довжині датчиків:

$$S_c = L_m \cdot L_d = 1,5 \cdot 0,235 = 0,3525 \text{ м}^2. \quad (4)$$

5. Площа датчиків на периметрі соломотряса:

$$S_c = L_q \cdot l_q \cdot n \cdot \cos 45^\circ = 0,235 \cdot 0,06 \cdot 4 \cdot 0,707 = 0,03948 \text{ м}^2. \quad (5)$$

6. Відносне значення площі датчиків по відношенню до площі по периметру датчиків на соломотрясі:

$$K = \frac{s}{s} = \frac{0,03948}{0,3525} = 0,112 \approx 11,2\%. \quad (6)$$

7. Визначити площу по периметру датчиків за решетами:

$$S_p = L_q l_a \cdot l_m \cdot \cos 45^\circ = 0,06 \cdot 1,5 \cdot 0,707 = 0,063 \text{ м}^2. \quad (7)$$

8. Визначимо площу датчиків за решетами:

$$S_d = L_a \cdot l_q \cdot \cos 45^\circ \cdot n = 0,235 \cdot \cos 45^\circ \cdot 2 = 0,01974 \text{ м}^2. \quad (8)$$

9. Відносне значення площі датчиків по відношенню до периметру датчиків за решетами:

$$\Delta S = \frac{S_d}{S_p} = \frac{0,01974}{0,063} = 0,3133 \approx 31,33\%. \quad (9)$$

10. Сумарна площа по периметру датчиків за соломотрясом і решетами:

$$S_{\Sigma} = S_c + S_p = 0,3525 + 0,063 = 0,4155 \text{ м}^2. \quad (10)$$

11. Сумарна площа під датчиками за соломотрясом і решітним станом:

$$S_{\Sigma g} = S_c + S_p = 0,03948 + 0,01974 = 0,05922 \text{ м}^2. \quad (11)$$

12. Відношення значення площі під датчиками комбайна:

$$\Delta S = \frac{S_{\Sigma g}}{S_{\Sigma}} = \frac{0,05922}{0,4155} = 0,1425 \approx 14,25\%. \quad (12)$$

13. Кількість імпульсів на ширину молотарки (1,5 м) по довжині 1 м при урожайності $U = 4$ т/га при втратах 1,5% = 90 кг/га:
 $(337i = 1,5 \text{ м}^2)$.

14. Ймовірна кількість імпульсів, що припадають на периметр площі датчиків:

$$\begin{aligned} 1,5 - 337i; \\ 0,4155 - x; \\ x = 93i. \end{aligned} \quad (13)$$

15. Кількість імпульсів від зерен культур, що фіксують датчики соломотряса:

$$\sum_{ic} = 0,112 \cdot 93 = 10,4 \approx 11_i. \quad (14)$$

16. Кількість імпульсів від зерен, що фіксують датчики за решетами:

$$\sum_{ip} = 0,3133 \cdot 93 = 29_i. \quad (15)$$

17. Сумарна кількість імпульсів:

$$\sum_i = \sum_{ic} + \sum_{ip} = 11 + 29 = 40_i. \quad (16)$$

Визначення втрат із урахуванням фізичних характеристик різних культур через масу тисячі зерен (далі – МТЗ) наведено в табл. 1. Підрахунок допустимих відносних втрат по масі за молотаркою в залежності від урожайності наведені в табл. 2.

1. Маса тисячі зерен (МТЗ) різних культур.

Вид культури	МТЗ (гр)	min-max	Зерен на кг (середнє значення)	Зерен на грам (середнє значення)
Пшениця	47	40-55	21,280	21,3
Ячмінь	47	40 – 55	21,281	21,3
Жито	35	30 – 40	28,570	28,8
Овес	37	30 – 45	27,027	27,03
Рис	25	23 – 27	40,000	40
Кукурудза	325	200 – 450	3,080	3,1
Горох	325	300 – 700	2,000	2
Рапс	4,5	3,5 – 5,5	222,220	222,2
Соняшник	45	30 – 60	22,220	22,2

2. Підрахунок втрат по масі і по кількості зерен за молотаркою в залежності від урожайності.

Відносні втрати від урожайності, %	Урожайність, т/га						
	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	
	Втрати в кг на 1 га						
0,5	17,5	20	22,5	25	27,5	30	60
1,0	35,0	40	45	50	55	90	120
1,5	52,0	60	67,5	75	82,5	150	180
2,0	70,0	80	90	100	110		
2,5	87,5	100	112,5	125	137,5		
3,0	105	120	135	150	165		

Ймовірна кількість імпульсів від падаючих зерен на датчики за соломотрясом і решітним станом залежить від урожайності наведена в табл. 3.

3. Ймовірна кількість імпульсів від падаючих зерен на датчики за соломотрясом і решітним станом.

Урожайність, т/га	1% доп. втрати, кг/га	1% на 1 м ² , гр. (1гр=25 зерен)	Площа S _c соломотряса, м ² 0,03948	Площа S _p за решетами, м ² 0,063	Сумарна кількість імпульсів, i _Σ на S _p + S _c
2,0	20	50	6,12	15,6	21,7
2,5	25	65,5	7,7	19,7	27,4
3,0	30	75	9,2	23,4	32,6
3,5	35	87,5	10,7	27,1	37,8
4,0	40	100	12,2	30,4	42,6
4,5	45	112,5	13,8	34,1	47,9
5,0	50	125	15,3	37,8	53,1
5,5	55	137,5	16,8	41,2	58,0
6,0	60	150	18,3	44,6	63,9
6,5	65	162,5	19,8	48,0	67,8
7,0	70	175	21,3	51,4	74,7
7,5	75	187,5	22,8	54,8	77,6
8,0	80	200	24,5	58,2	82,7
9,0	90	225	27,5	64,0	91,5
9,5	95	237,5	29,0	67,4	96,4
10	100	250	30,5	70,8	101,3

Дослідження приладу БИП –Ц із електронною приставкою ПРВ контролю і реєстрації втрат урожаю дозволяє визначити, що прилад починає фіксувати від 1-2 імпульсів (зерен) нижнього значення «від» до 25 імпульсів (зерен) верхнього значення «до» переходу в зону червоної піктограми. Якщо керуватися при виборі нижнім значенням піктограми, то відносні.

Втрати на площі зібраного поля складуть 0,0384%, а якщо керуватися верхнім значенням «до» переходу червоного кольору, то втрати становитимуть 1,5% від урожаю хлібостою. Якщо слідувати рекомендації інструкції по вибору робочої швидкості комбайна в загінці, коли світло піктограми знаходиться в середині (12-13 імпульсів), то механічні втрати за молотаркою складуть в середньому 15 від потенційного і фактичного зібраного урожаю.

Відносне значення кількості імпульсів, що сприймають датчики за соломотрясом і решітним станом:

$$\Delta_i = \sum i_p / \sum i_c = 29 / 11 = 2,64.$$

За розрахунками витікає, що датчики за решітним станом можуть сприймати в 2,64 рази більше імпульсів від падаючих зерен,

чим датчики за соломотрясом. Практичні дослідження показують, що кількість імпульсів за решітним станом по відношенню до кількості імпульсів на датчиках соломотряса за середніми значеннями складає таке співвідношення 0,8:1,0. Збільшення кількості імпульсів за решітним станом більше 0,8 може бути наслідком впливу агробіологічного стану через забур'яненість, високу вологість хлібостою. В іншому випадку збільшення втрат є наслідком невірного технологічного регулювання зазорів на верхньому решеті і, відповідно, регулювання зернового потоку із соломотряса на решетах. Аналітичне визначення через площі датчиків на соломотрясі і за решітним станом дозволяє оцінити втрати не тільки відносно із використанням поняття «рівень» втрат, також ймовірні числові значення імпульсів від падаючих зерен.

Висновок. Запропонований метод оцінки ймовірних втрат із урахуванням площ датчиків на соломотрясі і решітному стані.

Список літератури

1. *Комбайны зерноуборочные самоходные ДОН-1500Б и ДОН-1200Б. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. Акционерное общество «Ростсельмаш».* – Ростов-на-Дону, 2004. – 412 с.
2. *Зангиев А.А.* Повышение производительности зерноуборочных комбайнов / *А.А. Зангиев* // Техника в сельском хозяйстве. – 2003. – №5. – С. 13–17.
3. *Стружкин Н.И.* Повышение эффективности использования зерноуборочных комбайнов / *Н.И. Стружкин* // Техника в сельском хозяйстве. – 2008. – №2. – С. 39–41.
4. *Шаповалов В.И.* О прогнозах развития зерноуборочной техники / *В.И. Шаповалов* // Техника в сельском хозяйстве. – 2005. – №4. – С. 28–30.
5. *Ерохин Г.Н.* Влияние технологических регулировок на потери зерна за молотаркой комбайна Дон-1500 / *Г.Н. Ерохин, А.С. Решетов* // МЭСХ. – 2003. – №6. – С. 18–19.
6. *Ерохин Г.Н.* Влияние автоматической системы контроля на эффективность использования комбайна Дон-1500 / *Г.Н. Ерохин, В.В. Коповский* // Техника в сельском хозяйстве. – 2009. – №4. – С. 29–30.

Аналитически определены вероятные значения механических потерь в зависимости от их площадей за соломотрясом и за решітним состоянню.

Зерноуборочные комбайны, площадь, пьезометрические датчики, вероятность, числовые значения, оценка.

Analytically determined the likely values of mechanical losses depending on their areas for the straw walker and restim state.

Combine harvesters, area, piezometric sensors, probability, numerical values, assessment.

РУХ ЧАСТИНОК МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ ПО ПОВЕРХНІ ТУКОНАПРЯМНИКА У ВИГЛЯДІ ЕЛІПТИЧНОГО ЦИЛІНДРА

О.П. Деркач, кандидат історичних наук
О.В. Несвідоміна, студентка

Наведено траєкторно-кінематичні характеристики руху частинок мінеральних добрив по нерухомій шорсткій внутрішній поверхні похилого еліптичного циліндра.

Рух частинки, шорстка поверхня, еліптичний циліндр, система диференціальних рівнянь, траєкторія, швидкість.

Постановка проблеми. Частинки мінеральних добрив з ємності бункера до дискового розсіювача проходять через певний ряд направляючих пристроїв (рис. 1). Одним із них є туконапрямник, основне призначення якого є подача певної кількості мінеральних добрив в задане місце дискового розсіювача.

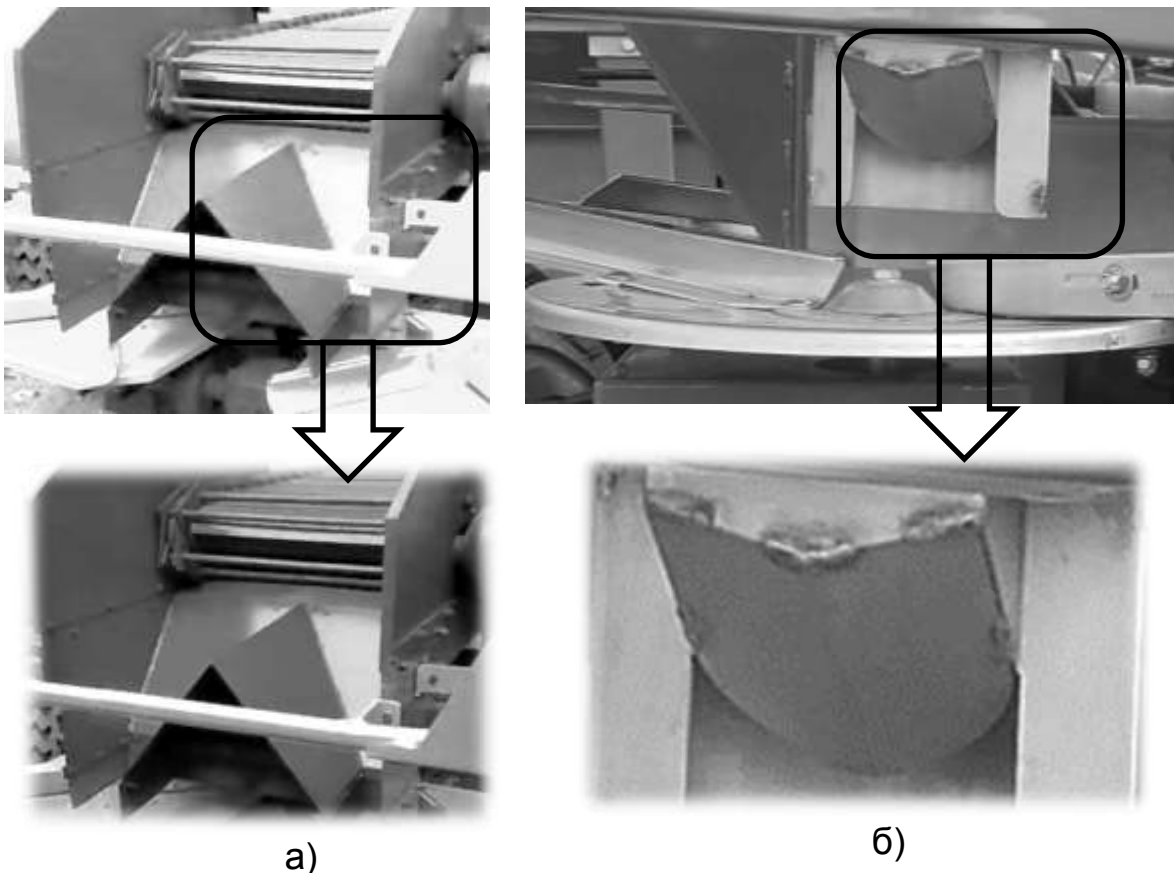


Рис. 1. Вигляди туконапрямників мінеральних добрив.

У вітчизняній машині МРД туконапрямник складається із декількох похилих площини (рис. 1,а). У зарубіжних машинах для внесення мінеральних добрив використовуються туконапрямники циліндричної форми (рис. 1,б). Розуміння закономірностей руху частинки по різних шорстких поверхнях дозволить цілеспрямовано провести розрахунок конструктивних параметрів певних форм туконапрямників мінеральних добрив.

Дослідження траєкторно-кінематичних характеристик руху частинки приводить до необхідності формування системи диференціальних рівнянь 2-го порядку та її наближеного розв'язку, що є дуже трудомісткими процесами і без застосування сучасних пакетів символьної алгебри здійснити практично не можливо.

Аналіз останніх досліджень. Дослідженню руху частинок по шорстких поверхнях присвячена робота акад. Василенко П.М. [3]. Теорія відцентрових робочих органів машин для внесення мінеральних добрив розкрита в праці акад. Адамчука В.В. [1]. Розробку програмних додатків в області імітаційного моделювання взаємодії «шорстка поверхня – рухома частинка» здійснимо в середовищі символьної алгебри Maple [2].

Мета досліджень. Розробити для середовища символьної алгебри Maple [1] комп'ютерну модель руху частинки по шорсткій поверхні еліптичного циліндра та за допомогою обчислювальних експериментів з'ясувати її траєкторно-кінематичні властивості в залежності: 1) кута α_o напрямку кидання частинки; 2) коефіцієнта зовнішнього тертя f ; 3) початкової швидкості V_o ; 4) її початкового положення $[u_o, v_o]$ в момент її руху.

Результати досліджень. Запишемо параметричне рівняння похилого еліптичного циліндра в декартовій системі координат $Oxyz$ у наступному вигляді:

$R(u, v) = R[a \cos(u), b \sin(u) \cos(\xi) - v \sin(\xi), b \sin(u) \sin(\xi) + v \cos(\xi)]$, (1)
де a, b – величини півосей напрямного еліпса $[a \cos(u), b \sin(u), 0]$ в площині Oxy системи координат $Oxyz$; ξ – кут повороту вертикального циліндра навколо осі Ox ; u, v – криволінійні координати поверхні.

Якщо частинку кинути на внутрішню поверхню похилого еліптичного циліндра, то під дією сили тяжіння вона буде рухатися по певній траєкторії. В проекціях на осі супровідного тригранника $OuvN$ закону руху частинки матиме наступний вигляд:

$$\begin{cases} Ou := m W \cos(\widehat{\bar{R}_u, \bar{w}}) = F_g \cos(\widehat{\bar{R}_u, \bar{G}}) - f F_N \cos(\widehat{\bar{R}_u, \bar{\tau}}) \\ Ov := m W \cos(\widehat{\bar{R}_v, \bar{w}}) = F_g \cos(\widehat{\bar{R}_v, \bar{G}}) - f F_N \cos(\widehat{\bar{R}_v, \bar{\tau}}), \\ ON := 0 = F_g \cos(\widehat{\bar{G}, \bar{N}}) \pm F_c \cos(\widehat{\bar{n}, \bar{N}}) \end{cases} \quad (2)$$

де $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ – константа прискорення вільного падіння тіла; $\mathbf{G} = [0, 0, -1]$ – напрямок сили тяжіння $F_g = mg$ в системі $Oxyz$; $F_N = F_g \cos(\widehat{\mathbf{N}, \mathbf{G}}) \pm F_c \cos(\widehat{\mathbf{N}, \mathbf{n}})$ – сила нормальної реакції; $F_g = mg$ і $F_c = m V^2 k$ – сила тяжіння та відцентрова сила; $\mathbf{w}$ – вектор прискорення частинки; k – кривина траєкторії $\mathbf{r}$ частинки, м^{-1} ; V – швидкість частинки, м/с ; $\mathbf{N}$ – нормаль до поверхні $\mathbf{R}(u, v)$ в точках траєкторії $\mathbf{r}$; $\mathbf{n}$ – головна нормаль траєкторії $\mathbf{r}$ частинки на поверхні; $\boldsymbol{\tau}$ – вектор дотичної траєкторії $\mathbf{r}$; $\mathbf{P} = \mathbf{N} \times \boldsymbol{\tau}$ – вектор Дарбу тригранника $O\boldsymbol{\tau}\mathbf{P}\mathbf{N}$; f – коефіцієнт зовнішнього тертя.

Якщо до параметричного рівняння uv -координатної сітки еліптичного циліндра (1) підставити вирази $u = u(t)$ і $v = v(t)$ шуканої траєкторії у внутрішніх u, v -координатах, то одержимо траєкторію частинки $\mathbf{r}(t)$ у системі декартових координат $Oxyz$ у наступному вигляді:

$$\mathbf{r}(t) = \mathbf{r}[a \cos(u(t)), b \sin(u(t)) \cos(\xi) - v(t) \sin(\xi), b \sin(u(t)) \sin(\xi) + v(t) \cos(\xi)] \quad (3)$$

За рівняннями (1) і (3) визначаються всі геометро-кінематичні складові виразу (2), наприклад, швидкість $V(t)$ частинки та сила $F_N(t)$ нормальної реакції:

$$V(t) = \sqrt{\left((b^2 - a^2) \cos(u(t))^2 + a^2\right) \left(\frac{d}{dt} u(t)\right)^2 + \left(\frac{d}{dt} v(t)\right)^2}, \quad (4)$$

$$F_N(t) \equiv ON = \frac{am \left(b \left(\frac{d}{dt} u(t) \right)^2 - g \sin(u(t)) \sin(\xi) \right)}{\sqrt{\left((b^2 - a^2) \cos(u(t))^2 + a^2\right) \left(\frac{d}{dt} u(t)\right)^2 + \left(\frac{d}{dt} v(t)\right)^2}}. \quad (5)$$

Розроблене програмне забезпечення в системі символьної алгебри Maple дозволяє всю послідовність досить громіздких аналітичних викладок здійснити автоматично. Одержимо наступну систему диференціальних рівнянь закону руху частинки по шорсткій внутрішній поверхні похилого еліптичного циліндра:

$$\left\{ \begin{aligned} Ou &:= - \frac{m \left(((a^2 - b^2) \cos(u(t))^2 - a^2) \frac{d^2}{dt^2} u(t) - \cos(u(t)) \sin(u(t)) \left(\frac{d}{dt} u(t) \right)^2 (a^2 - b^2) \right)}{\sqrt{(b^2 - a^2) \cos(u(t))^2 + a^2}} = \\ &\quad - \frac{mg \sin(\xi) \cos(u(t)) b}{v(t) \sqrt{(b^2 - a^2) \cos(u(t))^2 + a^2}} + \frac{f m \frac{d}{dt} u(t) \left(-b \left(\frac{d}{dt} u(t) \right)^2 + g \sin(u(t)) \sin(\xi) \right)}{v(t) \sqrt{v(t) \left(\frac{d}{dt} u(t) \right)^2 + \left(\frac{d}{dt} v(t) \right)^2}} \\ Ov &:= m \frac{d^2}{dt^2} v(t) = -mg \cos(\xi) - \frac{f am \left(\left(\frac{d}{dt} u(t) \right)^2 b - \sin(u(t)) \sin(\xi) g \right) \frac{d}{dt} v(t)}{v(t) \sqrt{v(t) \left(\frac{d}{dt} u(t) \right)^2 + \left(\frac{d}{dt} v(t) \right)^2}} \end{aligned} \right. \quad (6)$$

Початковими умовами для знаходження шуканих залежностей $u(t)$ і $v(t)$ із одержаної системи (6) диференціальних рівнянь є:

$$O i := \frac{d}{dt} u(t_o) = \frac{V_o \sin(\alpha_o)}{\sqrt{(b^2 - a^2) \cos(u(t))^2 + a^2}}, u(t_o) = u_o, \frac{d}{dt} v(t_o) = V_o \cos(\alpha_o), v(t_o) = v_o. \quad (7)$$

Розв'язати систему диференціальних рівнянь (6-7) можливо тільки наближено, наприклад, за методом Рунге-Кутта [2]. Підстановка знайдених залежностей $u(t)$ і $v(t)$ у дискретному вигляді до рівнянь (3)-(5) дозволяє унаочнити траєкторію $r(t)$ частинки по поверхні еліптичного циліндра, її швидкість $V(t)$ та силу $F_N(t)$ нормальної реакції.

Спершу проведемо тестовий експеримент – дослідимо рух частинки по шорсткій поверхні горизонтального еліптичного циліндра ($\xi = 90^\circ$). На рис. 2 побудовано траєкторії $r(t)$, графіки швидкості $V(t)$ та сили нормальної реакції $F_N(t)$ частинки по поверхні в залежності кута кидання $\alpha_o = 0^\circ, 30^\circ, 60^\circ, 90^\circ$ за наступними вихідними умовами: параметрами форми $a = 1.2, b = 0.6$, початкової швидкості $V_o = 4 \text{ м/с}$ і коефіцієнта зовнішнього тертя $f = 0.3$. За графіком (рис. 2,б) швидкості $V(t)$ можна стверджувати, що всі частинки через різний час t зупиняться. Причому, найшвидше зупиниться та частинка, яка кинута вздовж прямолінійної твірної циліндра. В момент зупинки частинки, її нормальна реакція $F_N(t)$ наближається до величини mg (рис. 2,в).

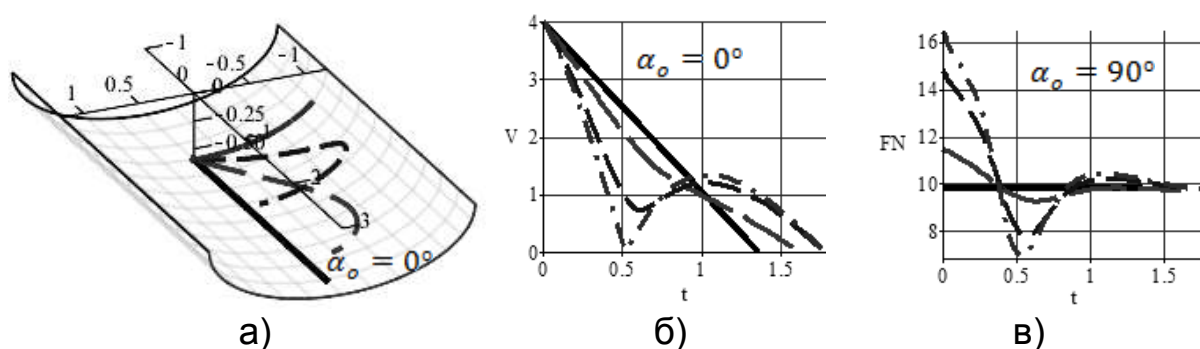


Рис. 2. Траєкторії $r(t)$, графіки швидкостей $V(t)$ та сили реакції $F_N(t)$ в залежності кута кидання α_o частинки по горизонтальному циліндру.

У відповідності до агротехнологічних вимог внесення мінеральних добрив, рельєф поля повинен мати схил не більше 8° [1]. А тому, кут нахилу ξ прямолінійних твірних еліптичного циліндра до горизонтальної площини повинен бути більший за величину:

$$\xi = 90^\circ + \text{atan}(f) + 8^\circ. \quad (8)$$

Для значення коефіцієнта f зовнішнього тертя частинки мінеральних добрив по шорсткій поверхні, наприклад, $f = 0.3$, матимемо $\text{atan}(f) \approx 17^\circ$. Нехай значення кута ξ нахилу еліптичного

циліндра дорівнює $\xi = 115^\circ$. На рис. 3 побудовано траєкторії $r(t)$, графіки швидкості $V(t)$ та сили нормальної реакції $F_N(t)$ частинки в залежності кута α_o її кидання. За побудованими графіками швидкостей $V(t)$ можна бачити, що всі частинки ніколи не зупиняться на поверхні еліптичного циліндра. Частинка кинута перпендикулярно до напрямку нахилу прямолінійних твірних циліндра, спершу різко зменшує швидкість, але згодом її набуває. При цьому, величина нормальної реакції $F_N(t)$ зменшується, проте потім наближається до певної величини ≈ 8.9 . Бачимо, що частинка при цих вихідних умовах не відірветься від поверхні, оскільки вздовж всієї траєкторії величина нормальної реакції $F_N(t) > 0$. Швидкість $V(t)$ кинutoї частинки вздовж нахилу еліптичного циліндра збільшується прямопропорційно. Побудовані траєкторії $r(t)$ показують, що з часом всі частинки будуть наближатися до прямолінійної траєкторії, яка збігається з найнижчою прямолінійною твірною еліптичного циліндра.

На характер руху частинки суттєво впливає початкове її положення u_o, v_o на поверхні, початкова швидкість V_o та коефіцієнт тертя f . На рис. 3,а побудовано траєкторії $r(t)$ та графіки швидкостей $V(t)$ частинки в залежності початкового положення $u_o = \frac{\pi}{2}, \frac{2\pi}{3}, \frac{5\pi}{6}, \pi$. Бачимо, що всі частинки кинуті з різних місць будуть збиратися в певній області, але їх швидкості будуть різними.

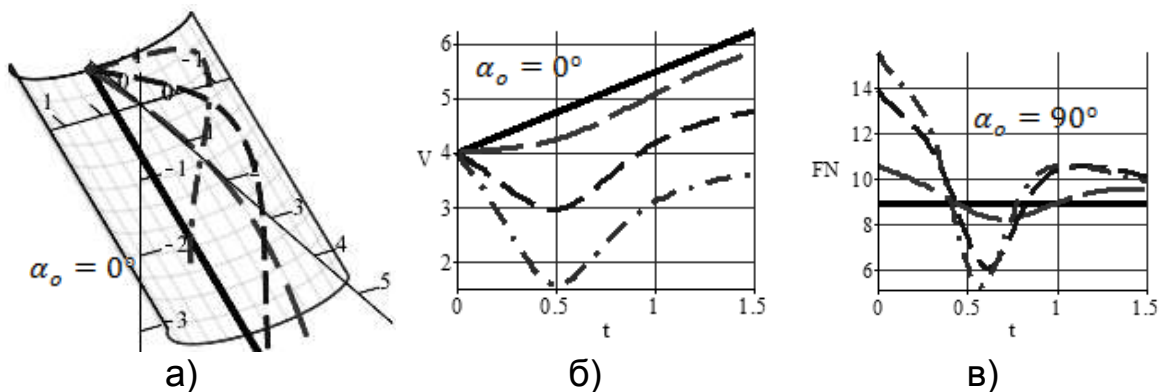


Рис. 3. Траєкторії $r(t)$, графіки швидкостей $V(t)$ та сили нормальної реакції $F_N(t)$ в залежності кута кидання α_o частинки по похилому циліндру.

Якщо зменшити величину початкової швидкості частинки з $V_o = 4 \text{ м/с}$ до значення $V_o = 2 \text{ м/с}$, то характер її руху зміниться пропорційно (рис. 4,б).

Збільшення коефіцієнта тертя f частинки приводить до того, що вона повільніше буде рухатися по поверхні і швидше буде наближатися до найнижчої прямолінійної твірної еліптичного циліндра (рис. 4,в).

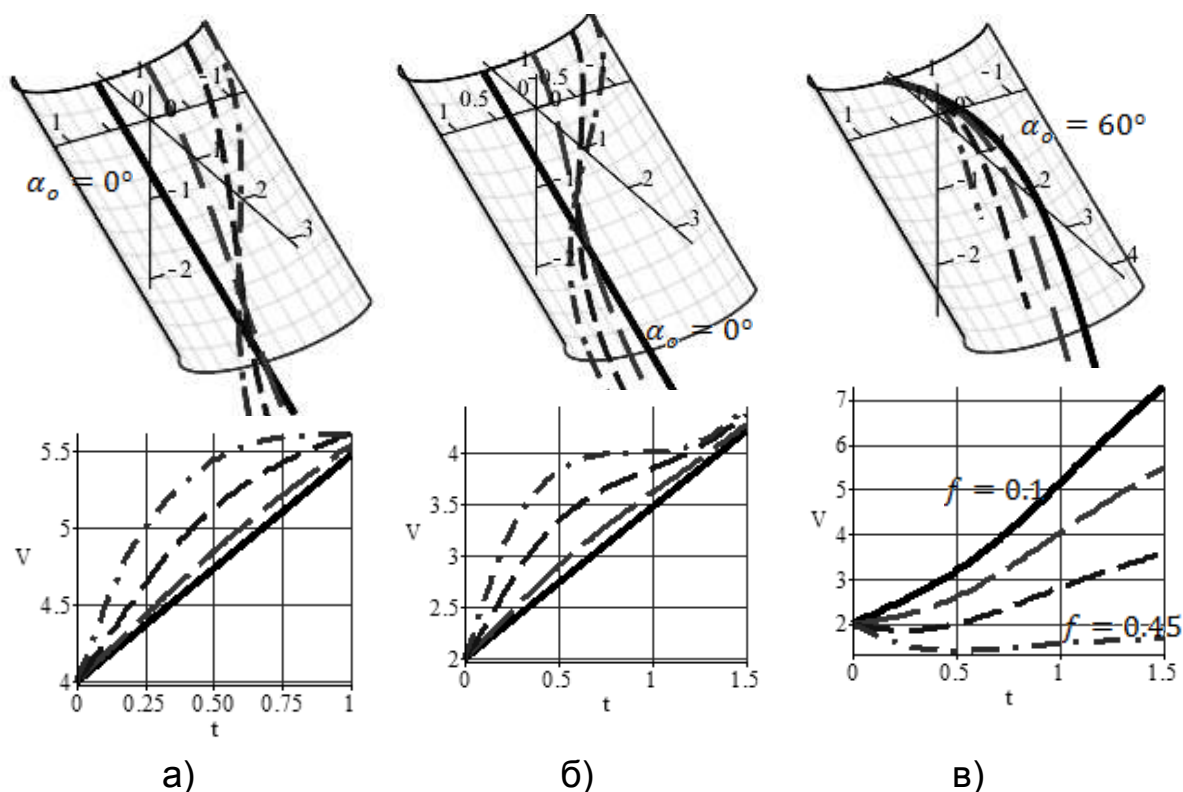


Рис. 4. Траєкторії $r(t)$ та графіки швидкостей $V(t)$ частинки за умовами: а) $f = 0.3$, $V_0 = 4 \text{ м/с}$; б) $f = 0.3$, $V_0 = 2 \text{ м/с}$; в) $f = 0.01, 0.15, 0.3, 0.45$, $\alpha_o = 60^\circ$.

Висновок. Проведене дослідження руху частинки по шорсткій внутрішній поверхні еліптичного циліндра дозволяє встановити досить складні взаємозв'язки між вихідними умовами кидання частинки по циліндру та її траєкторно-кінематичними характеристиками. Зокрема, кинуті частинки з різних місць на еліптичному циліндрі будуть проходити через певну зону на поверхні з різною швидкістю та напрямом.

Список літератури

1. Адамчук В.В. Теория центробежных рабочих органов машин для внесения минеральных удобрений / В.В. Адамчук. – К.: Аграрна наука, 2010. – 178 с.
2. Аладьев В.З. Программирование и разработка приложений в Maple / В.З. Аладьев, В.К. Бойко, Е.А. Ровба. – Гродно: ГрГУ, 2007. – 458 с.
3. Василенко П.М. Теория движения частицы по шероховатым поверхностям сельскохозяйственных машин / П.М. Василенко. – К.: УАСХН, 1960. – 283 с.

Исследовано траекторно-кинематические характеристики движения частицы минеральных удобрений по шероховатой внутренней поверхности наклонного эллиптического цилиндра.

Движение частицы, шероховатая поверхность, эллиптический цилиндр, траектория, скорость.

It is investigated trajectory-kinematic characteristics of movement of part of mineral fertilizers on rough internal surface of inclined elliptic cylinder.

Movement of particles, surface roughness, elliptic cylinder, trajectory, speed.

УДК 62-187.3

АНАЛІЗ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ДИНАМІКИ ПІДЙОМУ ВАНТАЖУ ПРОЛЬОТНИМ КРАНОМ

***В.С. Ловейкін, доктор технічних наук
В.А. Голдун, магістр***

В статті побудовано динамічну модель механізму підйому вантажу, яка представлена у вигляді зосереджених мас, що з'єднані пружними зв'язками. На основі динамічної моделі виконано математичне моделювання динаміки підйому вантажу, яке виконується прольотним краном. Математична модель є багатоетапною, в якій кожен етап описується системою диференціальних рівнянь. Крім того, записані початкові та кінцеві умови руху окремих мас. Проведено аналіз математичної моделі, який показав те, що етап натягу канату та підйому вантажу не дозволяє забезпечити задані наперед кінцеві умови руху приведених мас моста та вантажу.

Підйом вантажу, математичне моделювання, диференціальні рівняння, задача Коші.

Постановка проблеми. Під час виконання навантажувально-розвантажувальних робіт на транспортні засоби досить часто використовуються вантажопідйомні крани. Вони дозволяють підвищити ефективність транспортних потоків на підприємстві.

При взаємодії вантажу та транспортного засобу в підвісці останнього виникають значні навантаження. Вони можуть призвести до поломки елементів транспортного засобу. Крім того, елементи крана (вантажний канат, крановий міст, передачі у механізмі підйому вантажу) також зазнають впливу динамічних навантажень. Тому виникає необхідність встановити причини виникнення динамічних навантажень у транспортному засобі та крані для того, щоб зменшити їх дію. Побудова та аналіз математичної моделі системи „механізм підйому вантажу – вантаж – транспортний засіб” дозволяє

© В.С. Ловейкін, В.А. Голдун, 2014

It is investigated trajectory-kinematic characteristics of movement of part of mineral fertilizers on rough internal surface of inclined elliptic cylinder.

Movement of particles, surface roughness, elliptic cylinder, trajectory, speed.

УДК 62-187.3

АНАЛІЗ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ДИНАМІКИ ПІДЙОМУ ВАНТАЖУ ПРОЛЬОТНИМ КРАНОМ

***В.С. Ловейкін, доктор технічних наук
В.А. Голдун, магістр***

В статті побудовано динамічну модель механізму підйому вантажу, яка представлена у вигляді зосереджених мас, що з'єднані пружними зв'язками. На основі динамічної моделі виконано математичне моделювання динаміки підйому вантажу, яке виконується прольотним краном. Математична модель є багатоетапною, в якій кожен етап описується системою диференціальних рівнянь. Крім того, записані початкові та кінцеві умови руху окремих мас. Проведено аналіз математичної моделі, який показав те, що етап натягу канату та підйому вантажу не дозволяє забезпечити задані наперед кінцеві умови руху приведених мас моста та вантажу.

Підйом вантажу, математичне моделювання, диференціальні рівняння, задача Коші.

Постановка проблеми. Під час виконання навантажувально-розвантажувальних робіт на транспортні засоби досить часто використовуються вантажопідйомні крани. Вони дозволяють підвищити ефективність транспортних потоків на підприємстві.

При взаємодії вантажу та транспортного засобу в підвісці останнього виникають значні навантаження. Вони можуть призвести до поломки елементів транспортного засобу. Крім того, елементи крана (вантажний канат, крановий міст, передачі у механізмі підйому вантажу) також зазнають впливу динамічних навантажень. Тому виникає необхідність встановити причини виникнення динамічних навантажень у транспортному засобі та крані для того, щоб зменшити їх дію. Побудова та аналіз математичної моделі системи „механізм підйому вантажу – вантаж – транспортний засіб” дозволяє

© В.С. Ловейкін, В.А. Голдун, 2014

провести оптимізацію режимів руху елементів системи для того, щоб підвищити ефективність її експлуатації.

Аналіз останніх досліджень. Перші дослідження динаміки підйому вантажу прольотних кранів пов'язані з іменами М.С. Комарова [1], С.А. Казака [2], М.М. Гохберга [3].

У роботі [1] побудована тримасова динамічна модель підйому вантажу та виведені рівняння руху окремих мас (приводу, моста та вантажу). Дисипативні властивості механізму підйому вантажу, а також динамічна деформація металоконструкції не враховуються. Приведені у праці [1] результати можна використовувати для першого наближення динамічних розрахунків механізму підйому вантажу. С.А. Казаком у роботі [2] проведені детальні розрахунки механізму підйому вантажу, у який показано вплив змінного зусилля приводу на величину динамічних навантажень, а також залежність натягу канату від його довжини. Детально розглянуто метод розрахунку навантажень при перемиканні в схемі електрообладнання крана.

М.М. Гохберг у роботі [3] дослідив випадки найбільшого навантаження механізму підйому вантажу при підйомі вантажу з основи та при гальмуванні вантажу, який опускається. Для обох випадків швидкість канатного барабану є постійною величиною. Дослідження проведені для двомасової динамічної моделі.

Серед закордонних робіт по динаміці вантажопідйомних машин необхідно виділити книгу М. Шеффлера, Х. Дресінга та Ф. Курта [4]. У дослідженні автори використали одно- та двомасову динамічні моделі механізму підйому вантажу. Динамічні процеси, які описані при підйомі та опусканні вантажу, дослідники розділяють на декілька етапів. Кінцевими результатами досліджень є аналітичні вирази для коефіцієнтів динамічності зусиль у канаті та мості прольотного крана.

В.Ф. Гайдамака дослідив динамічні зусилля, які виникають у механізмі підйому вантажу при умові, що швидкість зменшення довжини канатів поліспасти в довідливній стадії руху вантажу є постійною, а в післявідливній – постійним є приводне зусилля [5]. Механізм підйому представлений у вигляді двомасової динамічної моделі.

М.А. Лобов у роботі [6] розробив методику розрахунку максимальних навантажень кранів в режимі підйому вантажу з основи. У цій роботі автор аналізує причини неспівпадіння теоретичних та експериментальних результатів досліджень механізму підйому вантажу.

Динаміка руху механізму підйому досліджена одеською школою ПТМ на чолі з професором Р.П. Герасимяком [7, 8]. Результати цих досліджень свідчать про те, що найбільший вплив на характер

пружних коливань тримасової електромеханічної системи, якою представлено механізм підйому вантажу при його підйомі „з підхватом”, мають жорсткість механічної характеристики електроприводу, жорсткість гнучкого канату й кут нахилу стріли крана. Л.Я. Будіков [9] провів дослідження динаміки руху механізму підйому вантажу мостового крана. У роботі [9] побудована динамічна тримасова модель механізму підйому вантажу та відповідна їй математична модель. Чисельне інтегрування систем диференціальних рівнянь, які відповідають обом динамічним моделям механізму підйому вантажу, показують збіг і тому у подальшому автор використовує лише модель із зосередженими параметрами. Необхідно сказати те, що в усіх наведених роботах не враховується або в недостатній мірі враховується вплив основи, з якої виконується підйом вантажу.

Мета досліджень є аналіз математичної моделі підйому вантажу, який виконує прольотний кран.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання: побудувати динамічну модель руху системи; на основі динамічної моделі знайти математичну модель; виконати аналіз математичної моделі.

Результати досліджень. Для проведення досліджень використаємо динамічну модель, яка показана на рис. 1.

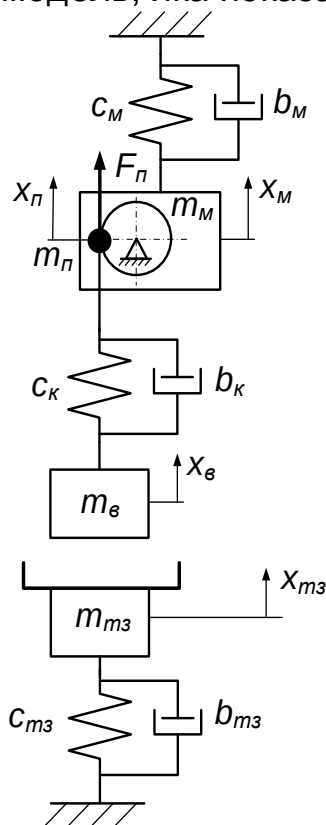


Рис. 1. Динамічна модель системи „механізм підйому вантажу – вантаж – транспортний засіб”.

На рис. 1 наведені такі позначення: $c_{mз}$, c_k , c_M – приведені коефіцієнти жорсткості транспортного засобу, вантажних канатів та моста крана відповідно; $b_{mз}$, b_k , b_M – приведені коефіцієнти дисипації транспортного засобу, вантажних канатів та моста крана відповідно; $m_{mз}$, m_e , m_n , m_M – приведені маси транспортного засобу, вантажу, приводу механізму підйому вантажу та кранового моста відповідно; $x_{mз}$, x_e , x_n , x_M – узагальнені координати відповідних мас; F_n – приведене до барабана зусилля приводу механізму підйому вантажу. Для побудови повної динамічної картини процесів піднімання вантажу необхідно розділити ці процеси на певні етапи. Дамо детальний опис цих етапів.

Перший етап підйому вантажу триває поки йде вибірка слабину каната. При цьому рухається лише приведена маса приводу. Цей етап характеризується нульовими початковими умовами:

$$x_n(0) = \dot{x}_n(0) = 0. \quad (1)$$

Математична модель першого етапу записується таким чином:

$$m_n \ddot{x}_n = F_n. \quad (2)$$

На другому етапі відбувається натяг каната до зусилля ваги вантажу. На цьому етапі рухаються всі маси динамічної системи. Однак, оскільки вантаж знаходиться на транспортному засобі, то приведені маси вантажу та транспортного засобу рухаються синхронно, тобто для цього етапу справедливе рівняння:

$$x_e = x_{mз}. \quad (3)$$

Початковими умовами для руху приведених мас вантажу та моста є такі:

$$\begin{cases} x_e(t_1) = -\frac{(m_e + m_{mз})g}{c_{mз}}; \\ \dot{x}_e(t_1) = 0; \\ x_M(t_1) = -\frac{m_M g}{c_M}; \\ \dot{x}_M(t_1) = 0, \end{cases} \quad (4)$$

де t_1 – тривалість першого етапу.

Кінцеві умови руху приведеної маси приводу для першого етапу є початковими умовами для другого етапу.

Математична модель руху мас на другому етапі складається із трьох диференціальних рівнянь (5). Третє рівняння системи (5) відображає той факт, що на вантаж діє пружно-в'язке зусилля підвіски транспортного засобу. У системі рівнянь (5) присутні початкові умови руху вантажу, приводу та моста. Дійсно, на цьому етапі зусилля натягу каната починає зростати від нульового

значення. Для забезпечення цієї умови узагальнені координати вантажу, приводу та моста віднімаються від їх початкових умов (4).

$$\begin{cases} m_n \ddot{x}_n + b_k (\dot{x}_n + \dot{x}_m - \dot{x}_e) + c_k ((x_n - x_n(t_1)) + (x_m - x_m(t_1)) - (x_e - x_e(t_1))) = F_n; \\ m_m (\ddot{x}_m + g) + b_k (\dot{x}_n + \dot{x}_m - \dot{x}_e) + b_m \dot{x}_m + c_k ((x_n - x_n(t_1)) + (x_m - x_m(t_1)) - (x_e - x_e(t_1))) + c_m x_m = 0; \\ (m_e + m_{m3}) (\ddot{x}_e + g) - b_k (\dot{x}_n + \dot{x}_m - \dot{x}_e) - c_k ((x_n - x_n(t_1)) + (x_m - x_m(t_1)) - (x_e - x_e(t_1))) + b_{m3} \dot{x}_e + c_{m3} x_e = 0. \end{cases} \quad (5)$$

Кінцем другого етапу вважається момент відриву вантажу від поверхні транспортного засобу.

На третьому етапі вантаж відривається від поверхні транспортного засобу. Початковими умовами для цього етапу є кінцеві умови для другого етапу. Рівняння руху, які описують рух всіх чотирьох елементів динамічної системи, мають наступний вигляд:

$$\begin{cases} m_n \ddot{x}_n + b_k (\dot{x}_n + \dot{x}_m - \dot{x}_e) + c_k ((x_n - x_n(t_1)) + (x_m - x_m(t_1)) - (x_e - x_e(t_1))) = F_n; \\ m_m (\ddot{x}_m + g) + b_k (\dot{x}_n + \dot{x}_m - \dot{x}_e) + b_m \dot{x}_m + c_k ((x_n - x_n(t_1)) + (x_m - x_m(t_1)) - (x_e - x_e(t_1))) + c_m x_m = 0; \\ m_e (\ddot{x}_e + g) - b_k (\dot{x}_n + \dot{x}_m - \dot{x}_e) - c_k ((x_n - x_n(t_1)) + (x_m - x_m(t_1)) - (x_e - x_e(t_1))) = 0; \\ m_{m3} (\ddot{x}_{m3} + g) + b_{m3} \dot{x}_{m3} + c_{m3} x_{m3} = 0. \end{cases} \quad (6)$$

На четвертому етапі руху динамічної системи „механізм підйому вантажу – вантаж – транспортний засіб” відбувається вимикання електродвигуна і накладання гальм. При цьому вважаємо, що зусилля F_n змінюється стрибкоподібно, оскільки тривалість накладання гальм з електромагнітами змінного струму не перевищує 0,015-0,02 секунди [10]. Гальмівний момент, що пропорційний гальмівному зусиллю, для четвертого етапу визначається за формулою [8]:

$$M_z = K_3 M_e \eta_{мех}, \quad (7)$$

де K_3 – коефіцієнт запасу, який прийемо рівним $K_3=2$ (для середнього режиму роботи 5М механізму підйому вантажу); M_e – статичний момент при опусканні номінального вантажу (20 тон) приведений до вала двигуна ($M_e=834$ Нм); $\eta_{мех}$ – номінальний ККД механізму ($\eta_{мех}=0,9$).

Для того, щоб знайти оптимальне керування динамічною системою „механізм підйому вантажу – вантаж – транспортний засіб” необхідно проаналізувати рівняння руху окремих мас. Кожному

етапу руху системи відповідає визначена вище система диференціальних рівнянь. Для режиму підйому вантажу перший етап описується диференціальним рівнянням (2). Це диференціальне рівняння дозволяє виконувати постановку оптимізаційних задач та знаходити їх розв'язки, оскільки лише функція приводного зусилля у правій частині рівняння (2) визначає рух двигуна. Тривалість другого етапу незначна, тому можна вважати, що рух мас відбувається без дії на них дисипативних сил.

Отже, прийнемо, що $b_K=b_M=b_{m3}=0$. Крім того, введемо позначення зусилля розтягу канату:

$$F_{\hat{e}} = c_{\hat{e}}((x_{\hat{r}} - x_{\hat{r}}(t_1)) + (x_{\hat{i}} - x_{\hat{i}}(t_1)) - (x_{\hat{a}} - x_{\hat{a}}(t_1))).$$

Враховуючи все це можемо записати рівняння руху мас для другого етапу:

$$\begin{cases} m_{\hat{r}} \ddot{x}_{\hat{r}} + F_{\hat{e}} = F_{\hat{r}}; \\ m_{\hat{i}} (\ddot{x}_{\hat{i}} + g) + F_{\hat{e}} + c_{\hat{i}} x_{\hat{i}} = 0; \\ (m_{\hat{a}} + m_{\hat{o}\hat{\zeta}})(\ddot{x}_{\hat{a}} + g) - F_{\hat{e}} + c_{\hat{o}\hat{\zeta}} x_{\hat{a}} = 0. \end{cases} \quad (8)$$

Проаналізуємо систему рівнянь (8). Друге та третє рівняння із системи (8) можемо замінити одним:

$$\ddot{x}_{\hat{i}} + \Omega_{\hat{i}}^2 x_{\hat{i}} = -\frac{(m_{\hat{a}} + m_{\hat{o}\hat{\zeta}})}{m_{\hat{i}}}(\ddot{x}_{\hat{a}} + g) - \frac{c_{\hat{o}\hat{\zeta}}}{m_{\hat{i}}} x_{\hat{a}} - g, \quad (9)$$

де Ω_M – частота власних коливань моста крана ($\Omega_{\hat{i}} = \sqrt{\frac{\tilde{n}_{\hat{i}}}{m_{\hat{i}}}}$).

Нехай, згідно постановки оптимізаційної задачі, необхідно перемістити вантаж із одного положення, яке описується початковими умовами (4), у інше, яке описується кінцевими умовами:

$$\begin{cases} x_{\hat{a}}(t_2) = -\frac{m_{\hat{a}}g}{\tilde{n}_{\hat{o}\hat{\zeta}}}; \\ \dot{x}_{\hat{a}}(t_2) = 0. \end{cases} \quad (10)$$

Приведені вище умови (10) відповідають закінченню другого етапу без коливань вантажу. Припустимо, що знайдено таку функцію руху вантажу, яка забезпечує вказані початкові та кінцеві умови та доставляє екстремум деякому оптимізаційному критерію. Надалі можемо знайти функцію прискорення вантажу $\ddot{x}_{\hat{a}}$ при $t \in [t_1; t_2]$. Знаючи функції $\ddot{x}_{\hat{a}}$ та $x_{\hat{a}}$ неважко знайти праву частину рівняння (9), яка виступає „зовнішнім” збуренням для коливань приведеної маси кранового моста. Розв'язок неоднорідного диференціального рівняння (9) необхідно шукати у вигляді суми [11]:

$$x_{\hat{i}} = \tilde{o}_{\hat{i}}^* + \tilde{o}_{\hat{i}}^{**}, \quad (11)$$

де $\tilde{o}_i^*$ – загальний розв’язок однорідного рівняння $\ddot{x}_i + \Omega_i^2 x_i$, яке описує вільні коливання приведеної маси кранового моста; $\tilde{o}_i^{**}$ – частковий розв’язок неоднорідного рівняння (9), який характеризує рух приведеної маси моста під дією збурюючої сили без вільних коливань. Частковий розв’язок неоднорідного рівняння $\tilde{o}_i^{**}$ визначається правою частиною диференціального рівняння (9). У свою чергу загальний розв’язок однорідного рівняння $\tilde{o}_i^*$ визначається початковими умовами руху моста та його параметрами, які безпосередньо впливають на частоту власних коливань Ω_m . Кінцевими умовами руху моста для другого етапу руху є такі:

$$\begin{cases} x_i(t_3) = -\frac{(m_a + m_i)g}{\tilde{n}_i}; \\ \dot{x}_i(t_2) = 0. \end{cases} \quad (12)$$

Умови (12) означають, що крановий міст не коливається у кінці другого етапу руху; він навантажений силами власної ваги та ваги вантажу. Однак, забезпечити умови (12) наперед неможливо, оскільки доданок $\tilde{o}_i^*$ у рівнянні (11) є „некерованим”. Проводячи аналогічні твердження для третього та четвертого етапів приходимо до висновку, що у повній мірі керувати рухом приведених мас кранового моста та вантажу на цих етапах неможливо.

Висновок. На основі аналізу побудованої математичної моделі руху системи „механізм підйому вантажу – вантаж – транспортний засіб” встановлено, що забезпечити наперед задані кінцеві умови руху вантажу та кранового моста неможливо. Математично неможливість керувати кінцевим станом приведеної маси кранового моста проявляється у необхідності розв’язання задачі Коші, а не крайової задачі. При постановці задач оптимального керування даною динамічною системою необхідно враховувати цю її особливість.

Список літератури

1. Комаров М.С. Динамика грузоподъемных машин / М.С. Комаров. – М.: Машиностроение, 1969. – 206 с.
2. Казак С.А. Динамика мостовых кранов / С.А. Казак. – М.: Машиностроение, 1968. – 331 с.
3. Гохберг М.М. Металлические конструкции подъемно-транспортных машин / М.М. Гохберг. – М.: Машиностроение, 1969. – 520 с.
4. Грузоподъемные краны / Шеффлер М., Дресиг Х., Курт Ф.; [пер. с немецкого М.М. Рунов, В.Н. Федосеев]; под ред. М.П. Александрова. – М.: Машиностроение, 1981. – Кн. 2. – 287 с.

5. Гайдамака В.Ф. Грузоподъемные машины / В.Ф. Гайдамака. – К.: Выща школа, 1989. – 328 с.
6. Лобов Н.А. Динамика грузоподъемных кранов / Н.А. Лобов. – М.: Машиностроение, 1987. – 160 с.
7. Герасимyak Р.П. Синтез коррекции трехмассовой электромеханической системы подъемных механизмов / Р.П. Герасимyak, Е.С. Пуртова // Автоматика. Автоматизация. Электротехнические комплексы и системы. – 2000. – № 1 (6). – С. 65–72.
8. Герасимyak Р.П. Анализ и синтез крановых электромеханических систем / Р.П. Герасимyak, В.А. Лещёв. – Одесса: СМИЛ, 2008. – 192 с.
9. Будиков Л.Я. Многопараметрический анализ динамики грузоподъемных кранов мостового типа / Л.Я. Будиков. – Луганск: Изд-во ВУГУ, 1997. – 210 с.
10. Александров М.П. Тормозные устройства: Справочник / М.П. Александров, А.Г. Лысяков, В.Н. Фадеев. – М.: Машиностроение, 1985. – 312 с.
11. Корн Г. Справочник по высшей математике для научных работников и инженеров / Г. Корн, Т. Корн. – М.: Наука, 1973. – 832 с.

В статье построена динамическая модель механизма подъема груза, которая представлена в виде сосредоточенных масс, которые соединены упругими связями. На основе динамической модели выполнено математическое моделирование динамики подъема груза, которое выполняется пролетным краном. Математическая модель многоэтапная, в которой каждый этап описывается системой дифференциальных уравнений. Кроме того, записанные начальные и конечные условия движения отдельных масс. Проведен анализ математической модели, который показал то, что этап натяжения каната и подъема груза не позволяет обеспечить заданные наперед конечные условия движения приведенных масс моста и груза.

Подъем груза, математическое моделирование, дифференциальные уравнения, задача Коши.

In paper have been carry out dynamic model of mechanism for cargo lifting. It is presented as few discrete masses, which connected with elastic constrains. On basis of dynamic model have been carry out simulation of lifting cargo dynamic. The mathematical model is multi-stage, in which each step is described by system of differential equations. In addition, initial and final conditions of masses movement are showed. Analisis of mathematical model have been cary out. The analysis of mathematical model, which showed that cable tension stage and lifting does not allow terminal conditions specified in advance motion of reduced masses crane bridge and load.

Cargo lifting, simulation, differential equations, Koshy problem.

ВИЗНАЧЕННЯ ЗАЛИШКОВОЇ ПОТУЖНОСТІ І КОЕФІЦІЄНТА ЗАВАНТАЖЕННЯ ДВИГУНА В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПОКАЗНИКІВ І ТЕХНІЧНОГО СТАНУ

О.А. Демко аспірант*

А.А. Демко, О.В. Надточій, кандидати технічних наук

Уточнена залежність розрахунку швидкості руху зернозбирального комбайна (ЗК) з врахуванням фактичної потужності двигуна і динаміки руху ЗК. Визначено допустимі значення робочих швидкостей для оптимізації завантаження молотарки.

Комбайн, баланс потужності, врожайність, пропускна здатність, завантаженість двигуна, молотарка.

Постановка проблеми. У літературі потужність двигуна при розрахунках розглядається як стала величина. В умовах же реальної експлуатації із збільшенням наробітку в мотогодинах потужність двигуна знижується через загальне зношування циліндро-поршневої групи, газорозподільного механізму, елементів паливної системи, а також загальної їх розрегульованості.

Аналіз останніх досліджень. В формулах приведених в літературних джерелах [1, 2, 3, 4], за якими розраховується продуктивність мобільних агрегатів, потужність двигуна вводиться величиною сталою (1), і яка не змінюється із збільшенням наробітку в мотогодинах, тобто строків експлуатації, в роках протягом яких реалізується наробіток:

$$W_{зм} = \frac{C}{K_a} \cdot N_e \cdot \xi_{Ne} \cdot \eta_{TP} \cdot T_p, \quad (1)$$

де C – перевідний коефіцієнт; K_a – питомий опір МТА, кН/м; N_e – потужність двигуна, кВт; ξ_{Ne} – ступінь використання потужності(ступінь завантаження); η_{TP} – ККД трансмісії; T_p – чистий термін роботи, год.

Для оцінки ефективності використання потужності двигуна вводиться коефіцієнт завантаження ξ_{Ne} імовірнісним значенням не залежно від його технічного стану, від фактичного завантаження молотарки і затрат потужності на рух.

За показанням спеціалістів, досвідчених механізаторів в умовах виробництва зниження потужності проявляється через

*Науковий керівник – доктор технічних наук В.О. Дубровін

© О.А. Демко, А.А. Демко, О.В. Надточій, 2014

зниження робочих швидкостей при переході на нижчі передачі: із 3-ї на 2-ю на 1-шу передачу, що прямо впливає на годинну змінну продуктивність.

За визначенням Ждановського Н.С. [5] параметричною відмовою двигуна називається такий параметричний стан за якого потужність двигуна без турбонадуву знижується на 7-8 %, а з турбонадувом знижується на 12-13 %.

Для двигуна СМД-31А при номінальній потужності $N_{ен} = 235$ к.с. (173 кВт) зниження потужності на 19% (до стану відмови) означатиме 45 к.с. до фактичної потужності $N_{ф} = 190$ к.с. (152кВт).

Визначити стан параметричної відмови по зниженню потужності за суб'єктивними показниками без спеціальних діагностичних приладів практично неможливо. Тому в полі працюють трактори, комбайни із потужністю двигунів зниженою до 30% від номінального значення.

Мета досліджень. Метою досліджень було визначення ймовірних числових значень гармонічної і флуктуаційної складової нерівномірності урожайності хлібостою по площі поля і вплив її на завантаження молотарки.

Очевидно, що зниження потужності двигуна комбайна навіть на 23...24 к.с. впливатиме на годинну і зміну продуктивність через зниження робочих швидкості та час розгону по завантаженню молотарки комбайна до оптимальної пропускної здатності.

Результати досліджень. Проведеними дослідженнями [6] виявлено, що зменшення частоти обертання молотильного барабана від 2000 до 1700 об/хв. при подачі хлібної маси 2 кг/с. (урожайність 2,5т/га., вологість зерна $\approx 16\%$, соломи 19%, солемистість 1...1,3) зростають втрати за молотаркою до 3,5%, знижується продуктивність комбайна на 0,6 га/год.

Однією із причин зниження обертів молотарки може бути зниження потужності двигуна, через розрегульованість або зношування циліндро- поршневої групи або спільної їх дії.

Комбайни, обладнані одним двигуном по суті об'єднують у собі дві машини - молотарку та ходову частину. Робота молотарки потребує підтримання постійної швидкості обертання її механізмів, коливання яких не повинно перевищувати 5-7% [6]. Це пов'язано з забезпеченням якісних показників обмолоту та сепарації. Ходова частина потребує до 40% енергії двигуна, інша частина якої витрачається на виконання технологічного процесу. Саме тому продуктивність ЗК обмежується недостатньою потужністю двигуна.

Основне рівняння, що описує роботу молотильного барабану пов'язує потужність двигуна N_e характеристики барабану r_i , та подачу хлібної маси q_i :

$$N = I \frac{d\omega}{dt} \omega = \frac{q_i \cdot r}{1-f} \cdot \omega^2 \quad (2)$$

Затрати потужності на одиницю переробленої маси визначається із залежності:

$$\frac{N}{q_i} = \frac{V^2}{1-f} = \frac{\omega^2 \cdot r^2}{1-f} \quad (3)$$

У формулах приводиться номінальне значення потужності. Очевидно, що із зменшенням потужності двигуна знижується колова швидкість барабана, і, відповідно, знижується кількість переробленої маси. Для забезпечення стабільності технологічного процесу при зниженні потужності двигуна необхідно зменшити подачу хлібної маси до барабана за рахунок зниження робочої швидкості або ширини захвату жатки (B_p).

Потужність двигуна витрачається на забезпечення роботи молотарки і ходової частини:

$$N_e = N_m + N_p \quad (4)$$

Технологія роботи молотарки вимагає збереження постійного швидкісного режиму роботи її механізмів, тобто постійного числа обертів, коливання яких не повинно перевищувати 5–7%. Такі вимоги диктуються необхідністю забезпечення якісних показників роботи при обмолоті і сепарації.

Ходова частина, як споживач потужності, характеризується її основним призначенням – забезпечення живлення молотарки. Тому, величина потужності, необхідної для руху комбайна знаходиться в прямій залежності від режиму роботи молотарки.

Продуктивність комбайна може бути рівною розрахунковій і конструктивній пропускній здатності молотарки:

$$q_{\text{опт}} = \frac{V_p \cdot B_p \cdot Q_3 (1 + \gamma_c)}{360} \quad (5)$$

Така продуктивність відповідає пропускній здатності і забезпечується відповідною робочою швидкістю:

$$V_p = \frac{360 \cdot q_{\text{опт}} \cdot Q_3 (1 + \gamma_c)}{B_p} \quad (6)$$

Швидкість руху при всіх постійних величинах визначається агробіологічним станом хлібної маси, тобто урожайністю і солемистістю хлібної маси $Q_3(1 + \gamma_c)$. За такої швидкості ефективна потужність двигуна для руху і забезпечення роботи молотарки витрачається на 100%. У випадках, коли продуктивність комбайна за одиницю часу нижче пропускної здатності молотарки, залишається

невикористана потужність двигуна, яка у формулах враховується коефіцієнтом використання потужності – ξ_N (7).

$$V_p = \frac{3.6 \left[\frac{N_{\text{ен}}}{1.36} \right] \cdot \xi_N - N_p}{\frac{C_{\text{mk}} \left(f + \frac{i}{100} \right)}{\eta_{\text{тр}}} + \frac{B_p \cdot Q_3 (1 + \gamma_c) N_{\text{пит}}}{10}}. \quad (7)$$

Значимість коефіцієнта завантаження двигуна в залежності від фактичної потужності розглянемо через баланс потужності. В загальному випадку баланс потужності двигуна комбайна визначається рівнянням:

$$N_e = N_x + N_m + N_p \mp N_y \pm N_n + N_3. \quad (8)$$

де N_e – ефективна потужність двигуна, кВт; N_x – потужність, для холостого приводу робочих органів комбайна, кВт; N_m – потужність, необхідна для забезпечення процесу комбайна, кВт (без N_x); N_p – потужність, затрачена на переміщення комбайна, кВт; N_y – потужність, затрачена на подолання ухилів комбайном, кВт; N_n – потужність на подолання опору повітря, кВт; N_3 – залишкова потужність двигуна, кВт.

Зважаючи, що на рівній ділянці поля $N_y = 0$, а при малих швидкостях $N_n = 0$, матимемо:

$$N_e = N_x + N_m + N_p + N_3. \quad (9)$$

Розглянемо значимість кожної складової балансу. Потужність двигуна, яка необхідна на холостий привід робочих механізмів (N_x), може бути виражена через рівняння:

$$N_x = \frac{1}{9550} \sum_1^i \frac{M_{xi} \cdot n_i}{\eta_i}. \quad (10)$$

де M_{xi}, n_i, η_i – крутний момент (Нм), оберти (об/хв) і К.К.Д. відповідних робочих механізмів.

При роботі двигуна на регуляторній вітці характеристики оберти підтримуються все режимним регулятором. Тому з достатньою точністю; для практики можна вважати потужність на холостий привід робочих механізмів постійною $N_x \cong \text{const}$.

На переробку і переміщення одиниці секундної подачі певного агробіо-логічного стану хлібної маси необхідно для кожного робочого механізму m_i крутного моменту двигуна або N_i затрат потужності, необхідної для сепарації, транспортування та переробки можна

визначити із рівняння:

$$N_M = \frac{q}{9550} \sum_1^i \frac{m_i \cdot n_i}{\eta_i} + \frac{q \cdot m_6 \cdot n_6}{\eta_6} = q \sum_1^i \frac{N_i}{\eta_i} + q N_{\text{пит}}. \quad (11)$$

де $N_i, N_{\text{пит}}, m_6, n_6, \eta_6$ – питома потужність кВт сек./кг., питомий крутний момент Нм сек./кг., оберти об/хв. і к.к.д. барабана.

Потужність необхідну для забезпечення технологічного процесу можна визначити через питому подачу хлібної маси q кг/сек. та питомі витрати потужності $N_{\text{пит}}$ кВт с/кг:

$$N_M = q \cdot N_{\text{пит}} = \frac{B_p \cdot U(1 + \gamma_c) N_{\text{пит}}}{36} = \left(\frac{B_p \cdot U(1 + \gamma_c) N_{\text{пит}}}{10} \right) \cdot \frac{B_p}{3.6}. \quad (12)$$

де: U – урожайність, т/га; γ_c – солomистість.

За даними А.Я. Полякова [1], величина потужності, необхідна для сепаруючих і транспортних механізмів N_{Cm} практично не залежить від швидкості руху комбайна та подачі хлібної маси і її можна приймати постійною:

$$N_{Cm} = \frac{q}{9550} \sum_1^i \frac{N_{\text{пит}i}}{\eta_i} = \text{const}. \quad (13)$$

Із рівняння (11) витікає, що потужність необхідна для робочого процесу, залежить від основного споживача потужності барабана.

Із виразів(10) та (13) можна записати:

$$N_{CTx} = N_x + N_{CT} = \text{const}. \quad (14)$$

де N_x – потужність, необхідна для холостого приводу всіх робочих органів і робочого процесу (крім N_6), кВт; N_{CTx} – потужність, необхідна для забезпечення робочого процесу сепаруючих та транспортних механізмів, кВт.

За умов $N_x = \text{const}'$, $N_{Cm} = \text{const}$ основними споживачами потужності є барабан, молотарка та ходова частина комбайна.

З врахуванням основних споживачів потужності баланс двигуна буде визначатись рівняннями:

$$N_e = N_p + N_6 + N_{CT} + N_3, \quad N_M = N_6 + N_{CT}, \\ N_e = N_p + N_M + N_3. \quad (15)$$

Затрати потужності на рух комбайна визначаються із залежності:

$$N_p = \frac{q}{\eta_{\text{тр}}} \cdot C_r \left(f + \frac{i}{100} \right).$$

де f – коефіцієнт перекошування; i – нахил поля, якщо $i = 0$.

$$N_p = q \cdot G_k \cdot \frac{f}{\eta_{\text{тр}}}. \quad (16)$$

Дослідженнями [8] було визначено затрати потужності на рух комбайнів в залежності від характеристики поля.

1. Вплив характеристик поля на потужність руху комбайнів.

Марка комбайна	Маса при повному навантаженні, кг.	Характер поверхні поля		Швидкість руху V, км/год.	Момент на ходовому колесі, Мк, кН м.	Потужність затрачена на рух, N, кВт
		Вид	Кут підйом. град.			
Дон-1500	17800	Стерня	±0,3	3,00...5,00	8,0...9,0	6,5...17,0
		Стерня	+6,5	2,70...8,10	25,2...28,7	17,5...71,0
		Стерня	+8,0	2,66...4,13	24,6...34,5	47,0...75,0
KD-116 (ФРГ)	18500	Дорога	±0,3	9,00...11,16	9,0...12,8	20,0...36,0
		Стерня	±0,3	10,0...11,80	17,4...26,5	8,5...15,0
		Дорога	±0,3	27,0	6,5	18,0...20,0
E-516 (ГДР)	15870	Стерня	±0,3	9,7	17,0	8,1
		Дорога	±0,3	19,8	8,6	18,0

Якщо потужність двигуна в наслідок загального зношування та розрегульованості за показником параметричної надійності ΔN_{Π} знижена від номінального значення $N_{ен}$ до фактичного N_{ϕ} :

$$\Delta N_{\Pi} = N_{ен} - N_{\phi}. \quad (17)$$

де ΔN_{Π} – значення параметричної надійності двигуна.

То очевидно значення залишкової потужності також зменшиться на величину ΔN_{Π} :

$$N_3 = N_e - N_p - N_M - \Delta N_{\Pi}. \quad (18)$$

Зниження залишкової потужності необхідно враховувати при імовірнісному визначенні коефіцієнта завантаження двигуна в розрахункових формулах.

Розглянемо можливості регуляторної характеристики двигуна на зміну навантажень при рухові комбайна і роботі молотарки.

При роботі комбайна може бути нерівномірність завантаження барабана на $\pm \Delta N_{\Pi}$ і нерівномірність навантаження при рухові на $\pm \Delta N_p$.

З врахуванням приведеного і можливих пікових завантажень баланс потужності можна записати:

$$N_e = (N_p \mp \Delta N_p) + [(N_M \pm \Delta N_M) + N_3]. \quad (19)$$

Із рівняння (19) можна визначити значення залишкової потужності

$$N_3 = N_e - (N_p \mp \Delta N_p) + [(N_M \pm \Delta N_M) + N_{СП}]. \quad (20)$$

З врахуванням рівнянь (19) та (20) фактичне значення залишкової потужності буде:

$$N_3 = N_e - (N_p \mp \Delta N_p) + [(N_M \pm \Delta N_M) + N_{СП}] - \Delta N_{П}. \quad (21)$$

Неустановлений характер навантаження приводить до коливання моменту опору. Тому навантаження двигуна на повну або близьку до неї потужність неминуче викликає перехід двигуна на режим роботи без регуляторну ділянку характеристики.

Пояснення коефіцієнта завантаження двигуна можна отримати виходячи з досліджень Болтінського В.Н. [7]. Для визначення ступеня завантаження двигуна автор роботи запропонував формулу для визначення коефіцієнта завантаження.

$$K_3 = 1 - (\gamma_c - K_d). \quad (22)$$

де γ_c – коефіцієнт можливого опорк перевантаження; K_d – коефіцієнт допустимого перевантаження.

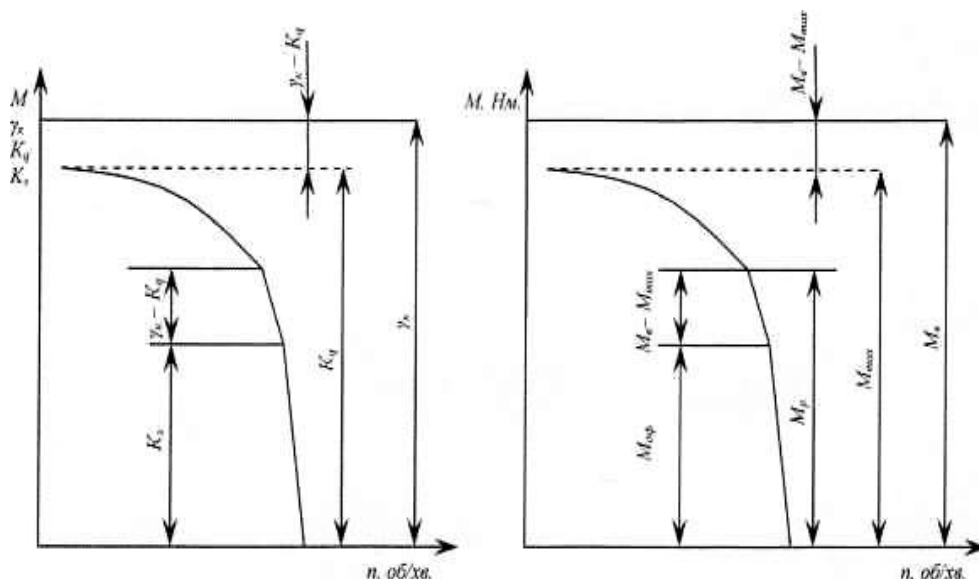


Рис. 1. Характеристика роботи комбайна при неустановленому навантаженні.

Дослідженнями Болтінського В.Н. показано, що значення коефіцієнта перевантаження K_d залежить від значної кількості факторів. В їх числі конструктивні особливості двигуна, сума приведених до колінчатого вала моментів інерції $\left(M = \frac{d\omega}{dt}\right)$, частота зміни моменту опору на валу двигуна, ступінь його нерівномірності.

Коефіцієнт завантаження визначається із рівняння:

$$K_3 = \frac{M_{д.ср}}{M_p}, \quad (23)$$

де $M_{д.ср}$ – середнє допустиме значення опору двигуна; M_p – розрахункове (номінальне) значення крутного моменту.

Середнє допустиме значення крутного моменту:

$$M_{д.ср} = M_p - (M_b - M_{max}). \quad (24)$$

Спільне рішення рівнянь (23) та (24) дає вираз:

$$K_3 = 1 - (\gamma_b - K_{\pi}). \quad (25)$$

де $\gamma_b = \frac{M_b}{M_p}$ – коефіцієнт можливого перевантаження двигуна;

$K_{\pi} = \frac{M_{max}}{M_p}$ – коефіцієнт пристосованості двигуна.

Якщо виразити коефіцієнт завантаження двигуна (23) через коефіцієнт пристосованості і ступінь нерівномірності зміни опору двигуна отримаємо:

$$K_3 = \frac{K_{\pi}}{\gamma_d}, \quad (26)$$

де $\gamma_d = \frac{M_{max}}{M_p}$ – коефіцієнт можливого зростання крутного моменту двигуна (момент опору).

Ступінь зростання крутного моменту двигуна:

$$\gamma_d = \frac{M_{max}}{M_{д.ср}} = \frac{M_{д.ср} + \Delta M}{M_{д.ср}} = 1 + \frac{\Delta M}{M_{д.ср}}. \quad (27)$$

Ступінь нерівномірності крутного моменту:

$$\delta_d = \frac{2\Delta M}{M_{д.ср}}, \quad M_{д.ср} = \frac{2\Delta M}{\delta_d}. \quad (28)$$

Підставивши (28) у рівняння (27), отримаємо:

$$\gamma_d = 1 + \frac{\delta_d}{2}. \quad (29)$$

Відповідно коефіцієнт завантаження двигуна дорівнює:

$$K_3 = \frac{K_{\pi}}{\gamma_d} = \frac{K_{\pi}}{1 + \frac{\delta_d}{2}} = \frac{2K_{\pi}}{2 + \delta_d}. \quad (30)$$

За рекомендаціями авторів роботи [8] краще брати ступінь нерівномірності крутного моменту і середньоквадратичного відхилення рівним значенням на валах приводу робочих механізмів.

Враховуючи тривалість впливу нерівномірності крутного моменту, регулятор буде реагувати коливання крутного моменту в межах середньоквадратичного відхилення. Коефіцієнт варіації середнього значення моменту опору на валу двигуна можна

визначити із залежності:

$$\delta = \frac{K_B}{50\%}. \quad (31)$$

Підставимо (31) в вираз (30) і отримаємо:

$$K_3 = \frac{100K_{\Pi}}{100 + K_B}. \quad (32)$$

Із аналізу видно, що через запас крутного моменту приведений коефіцієнт завантаження буде діяти в межах короточасних перевантажень барабана ΔN_6 і короткострокових перевантажень при русі комбайна при русі комбайна ΔN_p , тобто в межах запасу крутного моменту регуляторної характеристики двигуна, а не в межах залишкової потужності.

Залишкова потужність двигуна, в межах якої можна змінювати коефіцієнт завантаження має інший вираз. Розподіл ефективної потужності між молотаркою і ходовою частиною при роботі комбайна можна показати на рис. 2, рис. 3.

Для пояснення приймемо, що комбайн працює на стаціонарі ($N_p = 0$), тобто працюють механізми молотарки які споживають енергію(потужність) двигуна – це барабан (N_6) і сепаруючо – транспортуючі органи, та холостий їх привід.

Залишкова потужність (N_3) в такому випадку буде максимальною, а коефіцієнт завантаження двигуна (ξ_N) мінімальним.

$$N_3 = N_e - (N_6 + \Delta N_6) - N_M - N_x. \quad (33)$$

Затрати потужності зростають яішйао відповідно до підвищення швидкостей руху комбайна. При визначеній урожайності $U_3 \cdot (1 + \gamma_c)$ при підвищенні швидкості руху комбайна V_p досягається $g_{\text{опт}}$ оптимальне значення пропускної здатності комбайна.

В цьому випадку залишкова потужність двигуна дорівнює $N_3 = 0$, а коефіцієнт завантаження двигуна $\xi_N = 1$.

Розглянемо граничні значення залишкової потужності двигуна, максимальне значення залишкової потужності $N_3 = \max$ буде за умов роботи комбайна на стаціонарі коли потужність двигуна на рух комбайна $N_p = 0$. Залишкова потужність при роботі на стаціонарі може 70 кВт. В умовах реальної експлуатації показником зміни потужності двигуна є зниження робочих швидкостей комбайнів і границі зміни коефіцієнта завантаження двигуна.

Формула (6) не дозволяє визначити вплив потужності двигуна кількісними значеннями швидкості руху комбайна. Дослідимо вплив зміни потужності двигуна на швидкість руху комбайна через

аналітичні залежності, які включають потужність двигуна. Для самохідних машин прийнято, що потужність рушія визначається із залежності [9]:

$$N_{руш} = [G_{mk} \cdot f_0 \cdot (1 + \rho(V_p - V_0))] \cdot \frac{V}{3.6} \quad (34)$$

Із залежності (5), (6), (8), (12), (16), (34) визначимо N_e :

$$N_e = N_{CT} + N_3 + \left[\frac{G_{mk} \cdot f_0 \cdot (1 + \rho(V_p - V_0))}{\eta_{тр}} + \frac{B_p \cdot U \cdot (1 + \gamma) \cdot N_{пит}}{10} \right] \cdot \frac{V_p}{3.6} =$$

$$= N_{CT} + N_3 + \frac{10 \cdot V_p \cdot G_{mk} \cdot f_0 + 10 \cdot V_p^2 \cdot \rho \cdot f_0 \cdot G_{mk} - 10 \cdot V_p \cdot V_0 \cdot \rho \cdot G_{mk} \cdot f_0}{\eta_{тр}} +$$

$$+ \frac{V_p \cdot B_p \cdot \eta_{тр} \cdot U \cdot (1 + \gamma) \cdot N_{пит}}{36 \cdot \eta_{тр}} \quad (35)$$

Після певних перетворень і позначивши:

$$A_1 = \frac{10 \cdot G_{mk} \cdot f_0 \cdot \rho}{36 \cdot \eta_{тр}} \quad (36)$$

та
$$A_2 = \frac{10 \cdot G_{mk} \cdot f_0 \cdot (1 - \rho \cdot V_0) + B_p \cdot U \cdot (1 + \gamma) \cdot N_{пит} \cdot \eta_{тр}}{36 \cdot \eta_{тр}} \quad (37)$$

В остаточному вигляді рівняння залишається:

$$V_p^2 \cdot A_1 + V_p \cdot A_2 - (N_{ен} - N_M) = 0 \quad (38)$$

Із рівняння (35) визначаємо залишкові потужність для не зношених (відрегульованих) двигунів:

$$N_3 = N_{ен} - N_M - V_p^2 A_1 + V_p A_2 \quad (39)$$

Для зношених і не відрегульованих двигунів:

$$N_3 = N_{ен} - N_M - \Delta N - V_p^2 A_1 + V_p A_2 \quad (40)$$

Визначимо V_p вважаючи, що вся потужність двигуна витрачається на швидкість:

$$V_p = \frac{-A_2 \pm \sqrt{A_2^2 + 4A_1(N_{ен} - N_M - \Delta N)}}{2A_1} \quad (41)$$

Вплив зміни потужності на швидкість розраховані по формулі (7) і (38) комбайнів показано на рис. 2 та рис. 3.

Розрахункові значення коефіцієнта A_2 зведені в табл. 2.

2. Значення коефіцієнта A_2 в залежності від урожайності (ц) т/га.

Урожайність (ц) т/га	2	3	4	5	6	7
значення коефіцієнта A_2	8,79	12,64	15,72	18,74	20,55	21,76
A_2^2	77,24	159,65	247,38	351,55	422,56	473,63

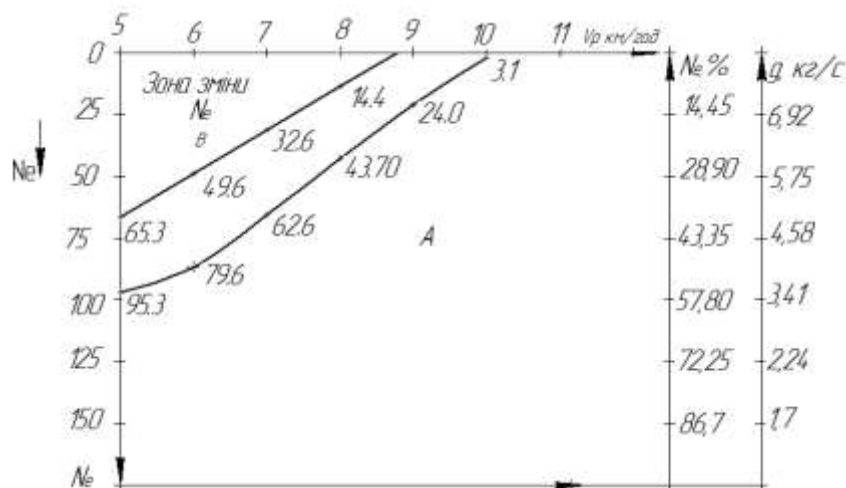


Рис. 2. Залежність зміни залишкової потужності двигуна ЗК від швидкості руху і фактичної потужності N_{ef} : А-область використання потужності на рух ЗК і обмолот; В-область залишкової потужності двигуна.

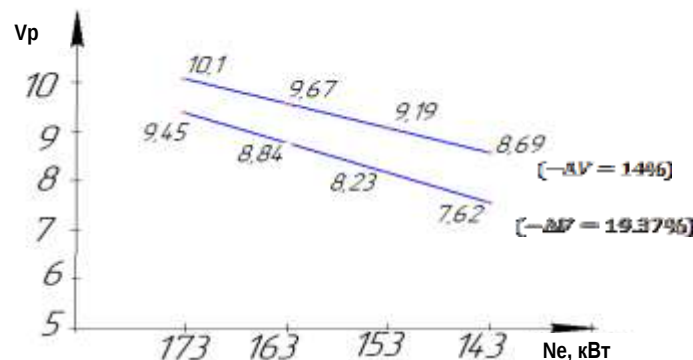


Рис. 3. Закономірності зміни швидкості руху ЗК від параметричної надійності двигуна при $U 2$ т/га.

Висновки

За приведеними формулами можна розрахувати числові значення залишкової потужності в залежності від агробіологічного стану хлібної маси, урожайності, технічного стану двигуна, швидкості руху ЗК і визначити область допустимих змін, а також коефіцієнт завантаження двигуна N_e , який може змінюватися тільки в межах залишкової потужності (рис. 2).

Використання формули (41) дозволяє більш точно розрахувати швидкості руху з врахуванням фактичної потужності двигуна і динаміки руху ЗК допустимі значення робочих швидкостей для оптимізації завантаження молотарки (рис. 3).

Список літератури

1. Иванов А.Б. Внешнее воздействие на эффективную мощность двигателя / А.Б. Иванов, О.А. Поляков // Техника в сельском хозяйстве. – 2006. – №6. – С. 23–24.

2. *Иванов В.П.* Исследование неравномерности урожайности хлебной массы на коротких участках / *В.П. Иванов* // Сб. науч. тр. РОСНИИТиМ. – Новосибирск, 2005. – С. 32–36.
3. *Алферов С.А.* Динамика зерноуборочного комбайна / *С.А. Алферов*. – М.: Машиностроение, 1973. – 304 с.
4. *Ждановский Н.С.* Надежность и долговечность автотракторных двигателей / *Н.С. Ждановский, А.В. Николаенко*. – Л.: Колос, 1981. – 294 с.
5. *Терских И.П.* Функциональная диагностика машинно-тракторных агрегатов / *И.П. Терских*. – Иркутск: Изд-во Иркутского университета, 1987. – 310 с.
6. *Болтинский В.Н.* Теория, конструкция и расчет тракторных и автомобильных двигателей / *В.Н. Болтинский*. – М.: Изд-во с.х. литературы, 1962. – 390 с.
7. *Сельскохозяйственные и мелиоративные машины.* Изд-е второе // Под общей ред. *Г.Е. Листопада*. – М.: Агропромиздат, 1986. – 687 с.
8. *Горячкин В.П.* Собрание сочинений / *В.П. Горячкин*: – М.: Колос, 1968. – Т. I. – Изд-во второе. – 720 с.

Уточнена залежність розрахунку швидкості руху зерноуборочного комбайна (ЗК) з урахуванням фактичної потужності двигателя і динаміки руху ЗК. Визначені допустимі межі значень робочих швидкостей для оптимізації завантаження молотилки.

Комбайн, баланс потужності, урожайність, пропускна здатність, завантаження двигателя, молотилка.

The elaborated dependency of calculation to velocities of motion grainharvesting combine (GC) with provision for actual engine size and speakers of motion GC. The possible limits of importance's worker velocities are determined for optimization of oading the thresher.

Combine, balance to powers, productivity, reception capacity, loading engine, thresher.

УДК 621.873

ЗМЕНШЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ЗУСИЛЬ У КРАНОВОМУ МОСТІ ШЛЯХОМ ОПТИМІЗАЦІЇ РЕЖИМІВ РУХУ КРАНА

***В.С. Ловейкін, доктор технічних наук
Ю.О. Ромасевич, кандидат технічних наук
В.В. Крушельницький, аспірант****

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

© В.С. Ловейкін, Ю.О., Ромасевич, В.В. Крушельницький, 2014

2. *Иванов В.П.* Исследование неравномерности урожайности хлебной массы на коротких участках / *В.П. Иванов* // Сб. науч. тр. РОСНИИТиМ. – Новосибирск, 2005. – С. 32–36.
3. *Алферов С.А.* Динамика зерноуборочного комбайна / *С.А. Алферов*. – М.: Машиностроение, 1973. – 304 с.
4. *Ждановский Н.С.* Надежность и долговечность автотракторных двигателей / *Н.С. Ждановский, А.В. Николаенко*. – Л.: Колос, 1981. – 294 с.
5. *Терских И.П.* Функциональная диагностика машинно-тракторных агрегатов / *И.П. Терских*. – Иркутск: Изд-во Иркутского университета, 1987. – 310 с.
6. *Болтинский В.Н.* Теория, конструкция и расчет тракторных и автомобильных двигателей / *В.Н. Болтинский*. – М.: Изд-во с.х. литературы, 1962. – 390 с.
7. *Сельскохозяйственные и мелиоративные машины.* Изд-е второе // Под общей ред. *Г.Е. Листопада*. – М.: Агропромиздат, 1986. – 687 с.
8. *Горячкин В.П.* Собрание сочинений / *В.П. Горячкин*: – М.: Колос, 1968. – Т. I. – Изд-во второе. – 720 с.

Уточнена залежність розрахунку швидкості руху зерноуборочного комбайна (ЗК) з урахуванням фактичної потужності двигателя і динаміки руху ЗК. Визначені допустимі межі значень робочих швидкостей для оптимізації завантаження молотилки.

Комбайн, баланс потужності, урожайність, пропускна здатність, завантаження двигателя, молотилка.

The elaborated dependency of calculation to velocities of motion grainharvesting combine (GC) with provision for actual engine size and speakers of motion GC. The possible limits of importance's worker velocities are determined for optimization of oading the thresher.

Combine, balance to powers, productivity, reception capacity, loading engine, thresher.

УДК 621.873

ЗМЕНШЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ЗУСИЛЬ У КРАНОВОМУ МОСТІ ШЛЯХОМ ОПТИМІЗАЦІЇ РЕЖИМІВ РУХУ КРАНА

***В.С. Ловейкін, доктор технічних наук
Ю.О. Ромасевич, кандидат технічних наук
В.В. Крушельницький, аспірант****

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

© В.С. Ловейкін, Ю.О., Ромасевич, В.В. Крушельницький, 2014

В роботі розв'язана задача мінімізації інтенсивності зміни горизонтальних навантажень в елементах металоконструкції крана у процесі його пуску. Поставлене завдання вирішене за допомогою методу варіаційного числення. Результати роботи проілюстровані графіками, що характеризують процес пуску крана з мінімальною інтенсивністю зміни горизонтальних динамічних навантажень.

Кран, візок, динамічні навантаження, динамічна модель, приведена маса, балка крана, оптимізація.

Постановка проблеми. Виробники сучасних підйомно-транспортних машин прагнуть покращити їх експлуатаційні показники. Відомо, що під час роботи кранових механізмів, у металоконструкції крана діють значні динамічні навантаження. Зазвичай такі процеси супроводжуються підвищеною витратою електроенергії, вони зменшують надійність крана і призводять до додаткових матеріальних витрат на ремонт. Тому при роботі вантажопідйомних кранів необхідно зменшувати до мінімуму вказані небажані фактори, зокрема, динамічні навантаження в металоконструкціях.

Аналіз останніх досліджень. Автори роботи [1] розробили методику визначення залишкового ресурсу крана, з урахуванням додаткових циклів навантаження, що суттєво впливають на динамічні навантаження у металоконструкції крана, та викликають коливання моста, що знижує циклічну надійність моста крана. В роботі досліджувались навантаження, що виникають при русі крана по нерівностях підкранового шляху, за наявності зазорів у стиках та перепадах висоти. В роботі [2] запропоновано метод розрахунку оптимальних характеристик механізмів переміщення вантажопідйомних кранів, які дають змогу зменшити динамічні навантаження на елементи привода і металоконструкції.

Для розрахунку раціональної гальмівної характеристики механізму переміщення крана, використовувався метод крутого сходження. У якості узагальненого критерію, що необхідно оптимізувати, використовували узагальнену функцію бажаності Харрінгтона. Запропонований метод дає змогу зменшити динамічні навантаження на конструкцію крана, за рахунок розрахованих оптимальних гальмівних характеристик механізмів.

В роботі [3] розглядались проблеми, що характерні для динаміки механізму переміщення крана, використовувалась семи масова динамічна модель та цифрова модель (пакет MATLAB/Simulink) механізму переміщення мостового крана. У цій роботі отримані графіки перехідних процесів пружної сили в

поздовжній та поперечній балках металоконструкції крана. Недоліками роботи є заміна гнучкого підвісу на жорсткий, також при дослідженні динаміки моста використовувалась зовнішня сила прикладена до ведучих коліс, а також не враховані динамічні характеристики електропривода. При дослідженні динамічної моделі мостового крана без поперечного зміщення встановлено характер виникнення механічних коливань при прикладенні рушійного зусилля.

В роботі [4] досліджувались кінцеві умови, за якими коливання елементів мостового крана і вантажу закріпленого на гнучкому підвісі усуваються до кінця перехідного процесу за рахунок зменшення тривалості коливань у елементах крана. В роботі виконана оптимізація перехідного процесу руху крана за критерієм середньоквадратичного відхилення рушійного зусилля.

Автори роботи [5] досліджували раціональні експлуатаційні режими вертикального переміщення мостового крана. Запропоновано використовувати електро-механічну систему на базі мікроконтролера, контролювати темп наростання динамічних навантажень при заданій продуктивності. При дослідженні механічної системи використовувалась двомасова динамічна модель, що не достатньо точно описує рух системи «кран-вантаж».

В Липецькій філії Міжнародного інституту комп'ютерних технологій, проводились дослідження з усунення перекосу моста крана і демпфування коливання вантажу. Автори роботи [6] запропонували застосовувати систему обмеження перекосу моста на основі порівняння переміщень опор моста та систему обмеження перекосу моста на основі визначення положення опори моста відносно підкранової колії на основі фазі-регулятора.

В Донецькому національному технічному університеті [7] займалися гасінням горизонтальних пружних коливань конструкцій мостового крана за рахунок синтезу модального регулятора. При дослідженні використовувалася двомасова динамічна модель та пакет Comsol Multiphysics.

Спираючись на вище вказані дослідження пропонується зменшити динамічні зусилля, що діють на балку крана за допомогою методу варіаційного числення.

Мета досліджень є вирішення задачі мінімізації інтенсивності зміни горизонтальних навантажень в процесі пуску мостового крану за допомогою методу варіаційного числення.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

1. Побудувати динамічну та математичну моделі, що описують рух моста крана з вантажем.

2. Виконати постановку оптимізаційної задачі.
3. Розв'язати оптимізаційну задачу.
4. Проаналізувати отримані результати.

Результати досліджень. Для проведення дослідження використано тримасову динамічну модель мостового крана із вантажем на гнучкому підвісі (рис. 1).

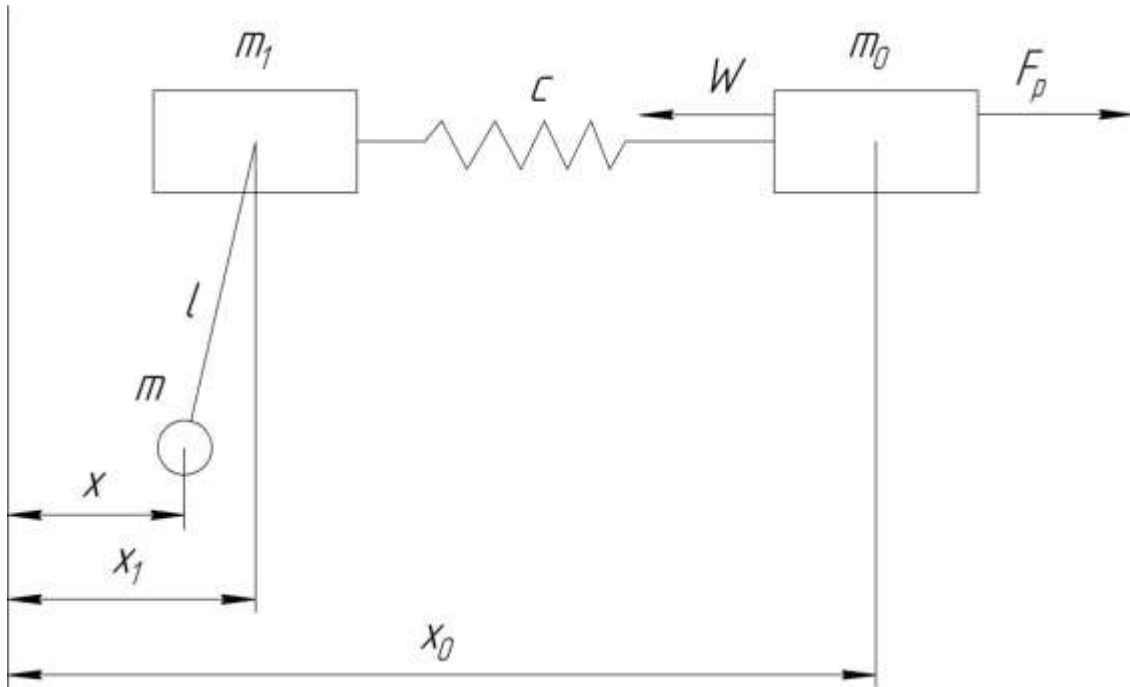


Рис. 1. Тримасова динамічна модель мостового крана.

На рис. 1 зображено приведені маси m_0 , m_1 , m відповідно приводу і кінцевих балок, кранового візка і балки, а також вантажу. Маса приводу і кінцевих балок з'єднана з приведеною масою кранового візка та балкою крана пружним елементом з жорсткістю c .

До маси приводу і кінцевих балок прикладено рушійне зусилля F_p та сила опору переміщення балки крана W . В цій моделі x , x_0 , x_1 узагальнені координати мас вантажу, приводу і кінцевих балок кранового візка і балки відповідно, а l – довжина гнучкого підвісу вантажу.

Динамічна модель (рис. 1) описується наступною системою диференціальних рівнянь руху (крапка над символом означає диференціювання за часом):

$$\begin{cases} m_0 \ddot{x}_0 = F_p - W - c(x_0 - x_1); \\ m_1 \ddot{x}_1 = c(x_0 - x_1) - \frac{mg}{l}(x_1 - x); \\ \ddot{x} = \frac{g}{l}(x_1 - x). \end{cases} \quad (1)$$

Функція внутрішнього зусилля, що діє на міст крана, описується таким виразом:

$$F_m = c(x_0 - x_1). \quad (2)$$

Використовуючи систему диференціальних рівнянь (1), запишемо:

$$x_1 = x + \frac{l}{g} \ddot{x}, \quad (3)$$

$$\dot{x}_1 = \dot{x} + \frac{l}{g} \ddot{x}, \quad (4)$$

$$\ddot{x}_1 = \ddot{x} + \frac{l}{g} \overset{IV}{x}. \quad (5)$$

У якості оптимізаційного критерію використаємо середньоквадратичне значення функції зусилля (2), що діє на міст крана. Воно являє собою інтегральний функціонал, який необхідно мінімізувати:

$$I_F = \left\{ \frac{1}{t_1} \int_0^{t_1} \left[m_1 \frac{l}{g} \overset{IV}{x} + (m_1 + m) \ddot{x} \right]^2 dt \right\}^{\frac{1}{2}} \rightarrow \min. \quad (6)$$

Для подальших розрахунків підінтегральний вираз (6) позначимо:

$$f = \left[m_1 \frac{l}{g} \overset{IV}{x} + (m_1 + m) \ddot{x} \right]^2. \quad (7)$$

Умовою мінімуму критерію (6) є рівняння Ейлера-Пуасона[8]:

$$\sum_{i=0}^n (-1)^i \frac{d^i \partial f}{dt^i \partial x^{(i)}} = 0, \quad i = 0, \dots, n. \quad (8)$$

Знайдемо окремі доданки, які входять у рівняння (8):

$$\begin{aligned} \frac{\partial f}{\partial \ddot{x}} &= 2 \left[m_1 \frac{l}{g} \overset{IV}{x} + (m_1 + m) \ddot{x} \right] (m_1 + m); \quad \frac{\partial f}{\partial x} = 2 \left[m_1 \frac{l}{g} \overset{IV}{x} + (m_1 + m) \ddot{x} \right] m_1 \frac{l}{g}; \\ \frac{d^2}{dt^2} \frac{\partial f}{\partial \ddot{x}} &= 2(m + m_1) \left[m_1 \frac{l}{g} \overset{VI}{x} + (m + m_1) \overset{IV}{x} \right]; \quad \frac{d^4}{dt^4} \frac{\partial f}{\partial x} = 2m_1 \frac{l}{g} \left[m_1 \frac{l}{g} \overset{VIII}{x} + (m_1 + m) \overset{VI}{x} \right]. \end{aligned}$$

У результаті можемо записати:

$$(m + m_1) \left[m_1 \frac{l}{g} \overset{VI}{x} + (m + m_1) \overset{IV}{x} \right] + m_1 \frac{l}{g} \left[m_1 \frac{l}{g} \overset{VIII}{x} + (m_1 + m) \overset{VI}{x} \right] = 0. \quad (9)$$

Після перетворень, рівняння (9) має вигляд:

$$\overset{VIII}{x} + 2 \frac{m + m_1}{m_1} \cdot \frac{g}{l} \overset{VI}{x} + \left[\frac{m + m_1}{m_1} \frac{g}{l} \right]^2 \overset{IV}{x} = 0. \quad (10)$$

Для подальшого розв'язку рівняння (10) введемо позначення:

$$k = \sqrt{\frac{m + m_1}{m_1} \cdot \frac{g}{l}}. \quad (11)$$

Виконуємо заміну у формулі (10) використавши залежність (11), в результаті чого будемо мати:

$$x^{VIII} + 2k^2 x^{VI} + k^4 x^{IV} = 0. \quad (12)$$

Для розв'язку рівняння (12) складемо характеристичне рівняння:

$$r^8 + 2k^2 r^6 + k^4 r^4 = 0. \quad (13)$$

Для подальшого розв'язування винесемо r^4 за дужки:

$$r^4(r^4 + 2k^2 r^2 + k^4) = 0. \quad (14)$$

З рівняння (14) знаходимо чотири корені:

$$r_1 = r_2 = r_3 = r_4 = 0; \quad (15)$$

$$r^2 = p. \quad (16)$$

Використавши заміну (16), отримуємо квадратне рівняння:

$$p^2 + 2k^2 p + k^4 = 0; \quad (17)$$

$$p_{1,2} = -k^2 \pm \sqrt{k^4 - k^4} = -k^2;$$

$$p_1 = p_2 = -k^2.$$

Корені рівняння (17) є комплексними числами:

$$r_5 = r_6 = ki; \quad r_7 = r_8 = -ki,$$

де i – умовна одиниця.

З урахуванням отриманих коренів розв'язок рівняння (12) має такий вигляд:

$$x = (c_1 + c_2 t) \sin kt + (c_3 + c_4 t) \cos kt + c_5 t^3 + c_6 t^2 + c_7 t + c_8, \quad (18)$$

де $c_1, c_2, \dots, c_8$ – постійні інтегрування.

Для зменшення динамічних зусиль в елементах металоконструкції крана у процесі його пуску, необхідно щоб виконувалися наступні крайові умови:

$$\begin{cases} t = 0; x_0 = x_1 = x = 0; \dot{x}_0 = \dot{x}_1 = \dot{x} = 0, \\ t = t_1; x_0 = x_1 = x = \frac{Vt_1}{2}; \dot{x}_0 = \dot{x}_1 = \dot{x} = V, \end{cases} \quad (19)$$

де t_1 – час руху моста крана в кінці розгону до усталеної швидкості; V – швидкість моста крана.

Для вирішення оптимізаційної задачі необхідно, щоб постійних інтегрування у рівняння (18) було рівним кількості крайових умов (19). Рівняння (18) не забезпечує вище вказані умови, тому для подальшого розв'язання задачі необхідне рівняння більш вищого порядку. Після перетворень рівняння (2), функція рушійного зусилля, що діє на міст крана має такий вигляд:

$$\dot{F}_m = m_1 \frac{l^v}{g} \dot{x} + (m_1 + m) \ddot{x}. \quad (20)$$

У якості оптимізаційного критерію використаємо середньо-квадратичне значення інтенсивності функції зусилля (20), що діє на міст крана. Воно являє собою інтегральний функціонал, який необхідно мінімізувати:

$$\dot{I}_{\dot{F}} = \left\{ \frac{1}{t_1} \int_0^{t_1} \left[m_1 \frac{l^v}{g} \dot{x} + (m_1 + m) \ddot{x} \right]^2 dt \right\}^{1/2} \rightarrow \min. \quad (21)$$

Для подальших розрахунків підінтегральний вираз рівняння (21) позначимо:

$$f = \left[m_1 \frac{l^v}{g} \dot{x} + (m_1 + m) \ddot{x} \right]^2. \quad (22)$$

Знайдемо окремі доданки, що входять у рівняння (8) з урахуванням (22):

$$\begin{aligned} \frac{\partial f}{\partial \ddot{x}} &= 2 \left[m_1 \frac{l^v}{g} \dot{x} + (m_1 + m) \ddot{x} \right] (m_1 + m); \quad \frac{\partial f}{\partial \dot{x}} = 2 \left[m_1 \frac{l^v}{g} \dot{x} + (m_1 + m) \ddot{x} \right] m_1 \frac{l}{g}; \\ \frac{d^3}{dt^3} \frac{\partial f}{\partial \ddot{x}} &= 2(m_1 + m) \left[m_1 \frac{l^{VIII}}{g} \dot{x} + (m_1 + m) \ddot{x} \right]; \\ \frac{d^5}{dt^5} \frac{\partial f}{\partial \dot{x}} &= 2m_1 \frac{l}{g} \left[m_1 \frac{l^X}{g} \dot{x} + (m_1 + m) \ddot{x} \right]. \end{aligned}$$

У результаті можемо записати:

$$(m_1 + m) \left[m_1 \frac{l^{VIII}}{g} \dot{x} + (m_1 + m) \ddot{x} \right] + m_1 \frac{l}{g} \left[m_1 \frac{l^X}{g} \dot{x} + (m_1 + m) \ddot{x} \right] = 0; \quad (23)$$

Після перетворень, рівняння (23) має вигляд:

$$\dot{x} + 2 \frac{m_1 + m}{m_1} \cdot \frac{g}{l} \ddot{x} + \left[\frac{m_1 + m}{m_1} \cdot \frac{g}{l} \right]^2 \ddot{x} = 0. \quad (24)$$

Для подальшого розв'язку рівняння приймемо:

$$k = \sqrt{\frac{m_1 + m}{m_1} \cdot \frac{g}{l}}. \quad (25)$$

Виконуємо заміну у формулі (24) використавши залежність (25):

$$\ddot{x} + 2k^2 \dot{x} + k^4 x = 0. \quad (26)$$

Для розв'язку рівняння (26) складемо характеристичне рівняння:

$$r^{10} + 2k^2 r^8 + k^4 r^6 = 0. \quad (27)$$

Для подальшого розв'язування винесемо r^6 за дужки:

$$r^6(r^4 + 2k^2r^2 + k^4) = 0. \quad (28)$$

З рівняння (28) знаходимо шість коренів:

$$r_1 = r_2 = r_3 = r_4 = r_5 = r_6 = 0, \quad r^2 = p. \quad (29)$$

Використавши заміну (29), отримуємо квадратне рівняння:

$$p^2 + 2k^2p + k^4 = 0; \quad (30)$$

$$p_{1,2} = -k^2 \pm \sqrt{k^4 - k^4} = -k^2; \quad p_1 = p_2 = -k^2.$$

Корені рівняння (30) є комплексними числами:

$$r_7 = r_8 = ki; \quad r_9 = r_{10} = -ki.$$

З урахуванням отриманих коренів розв'язок рівняння (26) має такий вигляд:

$$x = (c_1 + c_2t) \sin kt + (c_3 + c_4t) \cos kt + c_5t^5 + c_6t^4 + c_7t^3 + c_8t^2 + c_9t + c_{10}. \quad (31)$$

де $c_1, c_2, \dots, c_{10}$ – постійні інтегрування.

Кількість постійних інтегрування у рівнянні (31) не є рівним кількості крайових умов (19), тому для подальшого розв'язання задачі необхідне рівняння ще вищого порядку. Після перетворень рівняння (20), функція зміни зусилля, що діє на міст крана, має такий вигляд:

$$\ddot{F}_m = m_1 \frac{l^{VI}}{g} x + (m_1 + m) \frac{IV}{x}. \quad (32)$$

У якості оптимізаційного критерію використаємо середньоквадратичне значення інтенсивності зміни функції зусилля (32), що діє на міст крана. Інтегральний функціонал, який необхідно мінімізувати має вигляд:

$$\dot{I}_{\ddot{F}} = \left\{ \frac{1}{t_1} \int_0^{t_1} [\ddot{F}_M^2 dt]^{1/2} \right\} = \left\{ \frac{1}{t_1} \int_0^{t_1} \left[m_1 \frac{l^{VI}}{g} x + (m + m_1) \frac{IV}{x} \right]^2 dt \right\}^{1/2} \rightarrow \min. \quad (30)$$

Для подальших розрахунків підінтегральний вираз рівняння (33) позначимо:

$$f = \left[m_1 \frac{l^{VI}}{g} x + (m + m_1) \frac{IV}{x} \right]^2.$$

Умовою мінімуму критерію (33) є рівняння Ейлера Пуасона (7) при $n=6$, з яких отримано:

$$\frac{XIII}{x} + 2k^2 \frac{X}{x} + k^4 \frac{VIII}{x} = 0. \quad (34)$$

Розв'язок рівняння (34) має такий вигляд:

$$x = (c_1 + c_2t) \sin kt + (c_3 + c_4t) \cos kt + c_5t^7 + c_6t^6 + c_7t^5 + c_8t^4 + c_9t^3 + c_{10}t^2 + c_{11}t + c_{12}. \quad (35)$$

де $c_1, c_2, \dots, c_{12}$ – постійні інтегрування.

Кількість крайових постійних інтегрування (35), відповідає кількості крайових умов (19). Така функція забезпечить усунення

коливань. З математичної моделі (1) виконаємо перетворення щоб визначити крайові умови приводу і кінцевих балок:

$$m_1(\ddot{x} + \frac{l}{g} \dot{x}) = cx_0 - c(x + \frac{l}{g} \ddot{x}) - m\ddot{x}. \quad (36)$$

З виразу (36) визначимо узагальнену координату приводу і кінцевих балок:

$$x_0 = m_1 \frac{l}{cg} \dot{x} + (\frac{m+m_1}{c} + \frac{l}{g}) \ddot{x} + x = x + (\frac{m+m_1}{c} + \frac{l}{g}) \ddot{x} + \frac{m_1 l}{cg} \dot{x}. \quad (37)$$

Для визначення швидкості приводу і кінцевих балок продиференціюємо залежність (37) за часом:

$$\dot{x}_0 = \dot{x} + (\frac{m+m_1}{c} + \frac{l}{g}) \ddot{x} + \frac{m_1 l}{cg} \dot{x}. \quad (38)$$

Для визначення прискорення продиференціюємо вираз (38) за часом:

$$\ddot{x}_0 = \ddot{x} + (\frac{m+m_1}{c} + \frac{l}{g}) \dot{x} + \frac{m_1 l}{cg} \ddot{x}. \quad (39)$$

З урахуванням виразів (3)-(5) та (37)-(39), крайові умови (19) матимуть вигляд:

$$\begin{cases} t = 0; x = 0; \dot{x} = 0; \ddot{x} = 0; \ddot{x} = 0; \dot{x} = 0; \dot{x} = 0; \\ t = t_1; x = \frac{Vt}{2}; \dot{x} = V; \ddot{x} = 0; \dot{x} = 0; \dot{x} = 0. \end{cases} \quad (40)$$

Використавши вище вказані крайові умови (40), отримані наступні графіки, які характеризують перехідний процес пуску мостового крану (рис. 2, рис. 3).

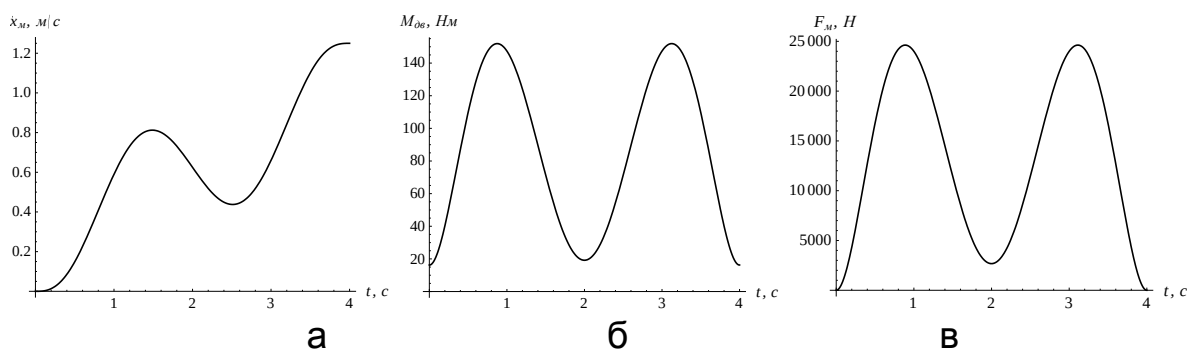


Рис. 2. Графік зміни: а) швидкості руху моста крану, б) моменту приводного двигуна, в) динамічного зусилля, що діє на кран.

Такі умови забезпечують усунення коливань моста відносно кінцевих балок, а також коливань вантажу відносно моста після закінчення процесу пуску.

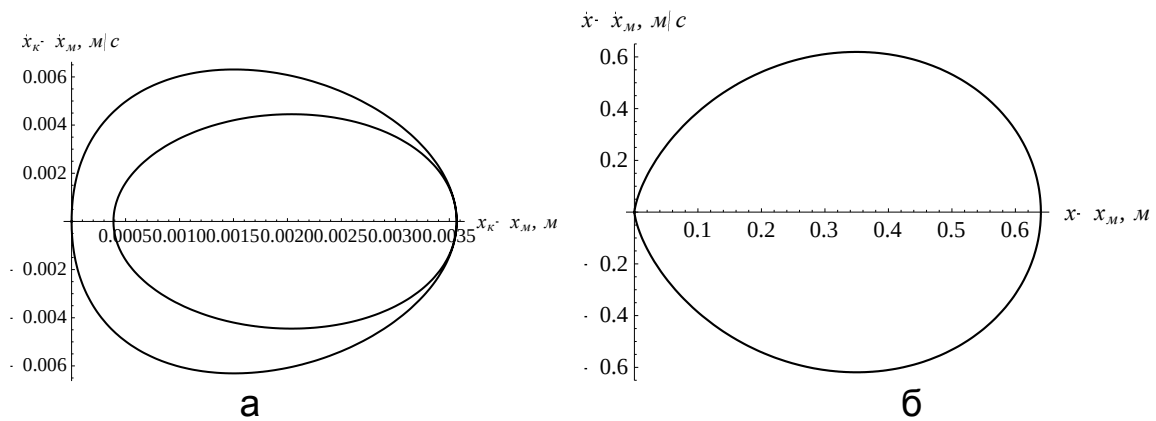


Рис. 3. Фазовий портрет руху: а) вантажу, б) моста крану.

Висновок. На основі математичної моделі динаміки руху мостового крана із вантажем на гнучкому підвісі та характеристик електричного асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором, здійснено оптимізацію режиму пуску, яка до мінімуму зводить динамічні навантаження в металоконструкціях. З отриманого фазового портрету видно, що після закінчення процесу пуску коливання в елементах крана усуваються.

Список літератури

1. Суглобов В.В. Нагруженность металлоконструкций моста крана / Суглобов В.В., Сагнров Ю.Г., Катков А.Н. // Вісник приазовського державного технічного університету. – 2003. – №13. – С. 163–166.
2. Будиков Л.Я. Метод расчета оптимальных тормозных характеристик механизмов передвижения грузоподъемных кранов / Л.Я. Будиков, Р.В. Шишкин // Наукові вісті Дніпровського університету. – 2012. – №7. – С. 89.
3. Макурин А.В. Динамика продольного перемещения мостового крана с учетом упругости элементов конструкции / А.В. Макурин, Д.И. Морозов // авторська стаття Донбаського державного технічного університету. Електротехнічні та комп'ютерні системи, Одеський національний політехнічний університет. – 2011. – №3(79). – С. 45–49.
4. Ловейкін В.С. Встановлення та аналіз умов усунення коливань елементів динамічної системи «мостовий кран вантаж» / Ловейкін В.С., Ромасевич Ю.О., Голдун В.А. // Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. – 2012. – №10, т. 2 (59). С. 12–17.
5. Березниченко З.А. Разработка рациональных режимов управления электромеханической системой мостового крана / Березниченко З.А., Климченкова Н.В., Лагуненков С.В. // Вісник Донбаської державної машинобудівної академії. – 2012. – №4(29). – С. 6–11.
6. Щедрин А.В. Исследование работы систем ограничения перегиба моста и систем демпфирования колебаний груза мостовых кранов / А.В. Щедрин, А.А. Коврыжкин // Электротехнические комплексы и системы управления. – 2010. – №3. – С. 52–55.
7. Толочко О.И. Гашение горизонтальных упругих колебаний конструкции мостового крана / Толочко О.И., Бажутин Д.В., Палис П.С. // Електротехнічні і енергозберігаючі системи. – 2012. – №3. – С. 336–339.
8. Цлаф Л.Я. / Вариационное исчисление и интегральные уравнения / Л.Я. Цлаф. – М.: Наука, 1970. – С. 92–94.

В работе решена задача минимизации интенсивности изменения горизонтальных нагрузок в элементах металлоконструкции крана в процессе его пуска. Поставленная задача решена с помощью метода вариационного исчисления. Результатом работы проиллюстрированы графиками, характеризующие процесс пуска крана с минимальной интенсивностью изменения горизонтальных динамических нагрузок.

Кран, тележка, динамические нагрузки, динамическая модель, приведенная масса, балка крана, оптимизация.

The paper solved problem of minimizing intensity change of horizontal loads in metal elements of crane during its start-up. Tasked solved by method of calculus of variations. The work illustrated with diagrams, describing process of launching crane with minimal change in intensity of horizontal dynamic loads.

Crane, trolley, dynamic loading, dynamic model, reduced weight, beam crane, optimization.

УДК 378.4: 63:631.3

ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В ПРОЦЕСІ ВИКЛАДАННЯ ТЕХНІЧНИХ ДИСЦИПЛІН У НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДАХ І-ІІ РІВНІВ АКРЕДИТАЦІЇ

***Т.Ю. Осипова, кандидат педагогічних наук
О.О. Заболотько, кандидат технічних наук***

Виконаний аналіз програмних дидактичних засобів, що використовуються в аграрній освіті. Розглянуто інформаційно-комунікаційну підготовку трактористів-машиністів сільськогосподарського виробництва.

Інформаційно-комунікаційні технології, програмовані дидактичні матеріали, професія, тракторист-машиніст, навчальні програми.

Постановка проблеми. Глибокі та динамічні зміни, що відбуваються в секторі аграрної економіки, інтелектуалізація праці, розвиток комп'ютерної техніки та інформаційно-телекомунікаційних технологій, становлення ринкових відносин зумовлюють нагальну необхідність підготовки майбутніх аграрників відповідно до вимог

© Т.Ю. Осипова, О.О. Заболотько, 2014

В работе решена задача минимизации интенсивности изменения горизонтальных нагрузок в элементах металлоконструкции крана в процессе его пуска. Поставленная задача решена с помощью метода вариационного исчисления. Результатом работы проиллюстрированы графиками, характеризующие процесс пуска крана с минимальной интенсивностью изменения горизонтальных динамических нагрузок.

Кран, тележка, динамические нагрузки, динамическая модель, приведенная масса, балка крана, оптимизация.

The paper solved problem of minimizing intensity change of horizontal loads in metal elements of crane during its start-up. Tasked solved by method of calculus of variations. The work illustrated with diagrams, describing process of launching crane with minimal change in intensity of horizontal dynamic loads.

Crane, trolley, dynamic loading, dynamic model, reduced weight, beam crane, optimization.

УДК 378.4: 63:631.3

ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В ПРОЦЕСІ ВИКЛАДАННЯ ТЕХНІЧНИХ ДИСЦИПЛІН У НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДАХ I-II РІВНІВ АКРЕДИТАЦІЇ

***Т.Ю. Осипова, кандидат педагогічних наук
О.О. Заболотько, кандидат технічних наук***

Виконаний аналіз програмних дидактичних засобів, що використовуються в аграрній освіті. Розглянуто інформаційно-комунікаційну підготовку трактористів-машиністів сільськогосподарського виробництва.

Інформаційно-комунікаційні технології, програмовані дидактичні матеріали, професія, тракторист-машиніст, навчальні програми.

Постановка проблеми. Глибокі та динамічні зміни, що відбуваються в секторі аграрної економіки, інтелектуалізація праці, розвиток комп'ютерної техніки та інформаційно-телекомунікаційних технологій, становлення ринкових відносин зумовлюють нагальну необхідність підготовки майбутніх аграрників відповідно до вимог

© Т.Ю. Осипова, О.О. Заболотько, 2014

інформатизації агропромислового комплексу. Професійну діяльність в аграрному секторі на сучасному етапі неможливо уявити без використання сучасних засобів електронного зв'язку, програмного забезпечення з планування, обліку і аналізу фінансово-господарської діяльності аграрного виробництва, банків даних з ринковою, нормативною, прогностичною, технологічною та економічною інформацією. Рівною мірою це і підготовки кваліфікованих робітників аграрного сектору економіки, зокрема трактористів-машиністів сільськогосподарського виробництва.

Аналіз останніх досліджень. Аналіз наукових праць свідчить про наявність теоретико-практичних досліджень з розв'язання проблем інформаційної підготовки фахівців-аграрників, серед яких слід виокремити: процес інформатизації аграрної сфери (М. Кропивко [5], Д. Мельничук [8], М. Швиденко [14] та інші); науково-методичне забезпечення інформатизації професійної підготовки (І. Булах [1], А. Верлань, Л. Тверезовська [2], А. Гуржій [3], В.Клочко [4], А. Кузнецов [6], Ю. Машбіц [7], Н. Морзе [9], В. Сумський [12] та інші).

Мета досліджень – розгляд програмних дидактичних засобів, що використовуються в аграрній освіті, та аналіз інформаційної підготовки трактористів-машиністів сільськогосподарського виробництва.

Результати досліджень Програмне забезпечення навчального курсу інформаційні технології підтримує і сприяє розвитку інформаційної, керуючої та навчальної системи аграрних навчальних закладів, включає засоби для проектування, впровадження, підтримки, використання у таких системах, орієнтованих на учнів, студентів, викладачів інших аграрних предметів, працівників закладу [10].

У галузі технічного забезпечення освітня галузь інформаційні технології допомагає економічно обґрунтувати вибір технічних засобів для реалізації навчально-виховного процесу аграрних навчальних закладів; визначити параметри обладнання типових кабінетів інформатики, чи курсів інтегрованих з нею; вивчити шляхи ефективного використання серійних засобів та оригінальних програмних розробок, орієнтованих на САО.

Н. Морзе підкреслює [9], що саме використання сучасної комп'ютерної техніки в навчально-виховному процесі не забезпечує автоматичного розв'язання завдання його інформатизації. Щоб створити умови максимальної ефективності навчального курсу інформаційні технології, необхідно обґрунтувати та створити систему його психолого-педагогічного забезпечення.

Інформаційні технології як навчальна галузь в аграрному навчальному закладі та її система програмного, технічного,

навчально-методичного та організаційного забезпечення створює надійні умови для широкого використання інтернет-технології та Web-технологій, розробки централізованих баз аграрних даних та Web-сайтів, впровадження новітніх досягнень у сфері дистанційного навчання, реалізації віддаленої інтерактивної консультативної служби в сільському господарстві, створення загальнодержавної комп'ютерної інформаційної системи, що обслуговує аграрний сектор. Навчальний курс інформаційні технології є чинником розробки навчально-контрольних програм та освітніх автоматизованих робочих місць, створення інформаційної системи управління аграрним навчальним закладом, віртуального інформаційного простору в освітньому закладі, де майбутньому аграрнику буде надано можливість швидкого пошуку потрібної навчальної, технологічної, економічної чи ринкової інформації. Тобто освітня галузь інформаційні технології в аграрному навчальному закладі є гарантом інформатизації як системи аграрної освіти, так і всього агропромислового комплексу.

Використання програмних дидактичних засобів у навчальному процесі дозволяє вирішити наступні методичні завдання: 1) індивідуалізація і диференціація процесу навчання (наприклад, за рахунок можливості поетапного просування до мети лініями різного ступеня складності); 2) здійснення контролю зі зворотним зв'язком, з діагностикою помилок (констатація причин помилкових дій студента, демонстрація на екрані комп'ютера відповідних коментарів) за результатами навчання (навчальної діяльності) і оцінюванням результатів навчальної діяльності; 3) здійснення самоконтролю і самокорекції; 4) організація тренування в процесі засвоєння навчального матеріалу і самопідготовки студентів; 5) вивільнення навчального часу за рахунок виконання на ЕОМ трудомістких обчислювальних робіт і діяльності, пов'язаної з числовим аналізом; 6) комп'ютерна візуалізація навчальної інформації: по-перше досліджуваного об'єкта (наочне представлення на екрані ЕОМ об'єкта, його складових частин чи їхніх моделей, а за необхідності – у різноманітних ракурсах, у деталях, з можливістю демонстрації внутрішніх взаємозв'язків складових частин); по-друге досліджуваного процесу (наочне представлення на екрані ЕОМ цього процесу чи його моделі, у тому числі прихованого в реальному світі, а за необхідності – у розвитку, у часі та просторовому русі, представлення графічної інтерпретації досліджуваної закономірності досліджуваного процесу); 7) моделювання й імітація досліджуваних об'єктів, процесів чи явищ; 8) проведення лабораторних робіт в умовах імітації в комп'ютерній програмі реального дослідження чи експерименту; 9) створення і використання інформаційних баз

даних, необхідних у навчальній діяльності, і забезпечення доступу до мережі інформації; 10) посилення мотивації навчання (наприклад, за рахунок винахідницьких засобів програми, втілення ігрових ситуацій); 11) озброєння студента стратегією засвоєння навчального матеріалу; 12) розвиток певного виду мислення (наприклад, наочно-образного, теоретичного); 13) формування уміння приймати оптимальне рішення чи варіативне рішення в складній ситуації; 14) формування культури навчальної діяльності, інформаційної культури викладача та студента (наприклад, за рахунок використання системи підготовки текстів, електронних таблиць, баз даних чи інтегрованих програмних пакетів користувача).

Узагальнюючи вищевикладене, відзначимо, що в основному доцільність застосування нових інформаційних технологій в аграрній освіті [13], зокрема програмних засобів, визначається можливостями їх використання як засобів візуалізації навчальної інформації, засобу формалізації знань про галузі АПК, інструмента виміру, відображення і впливу на явища, предмети, процеси аграрної галузі.

За Е. Скібіцьким [11], під час використання програмних дидактичних засобів педагог аграрного навчального закладу виконує наступні функції: а) підбір і компонування теоретичного матеріалу аграрних наук, складання практичних завдань АПК; б) виявлення помилок у відповідях учнів, підбір методики і способу корекції помилок для конкретного учня; в) виконання аналітичної роботи з виявлення загальних для всіх учнів трудностей, з метою зміни методики викладання, навчальних планів, корекції програмних дидактичних засобів; г) організацію процесу навчання з використанням програмних дидактичних засобів, відстеження його динаміки; д) підбір критеріїв для оцінювання діяльності учнів-аграрників; е) визначення доцільності, місця і функцій програмних дидактичних засобів у педагогічному процесі аграрних навчальних закладів, можливості застосування їх для конкретного контингенту учнів, а також у різних регіональних агрокліматичних умовах з врахуванням їх особливостей; є) розробку цілісних комп'ютерних курсів; ж) постійне відновлення теоретичного і практичного матеріалу; з) забезпечення стійкого функціонування комп'ютерних навчальних систем.

Найбільш складним у програмних дидактичних засобах є зв'язок між учнем та комп'ютером. На цьому етапі учень, з одного боку, впливає на систему, приймаючи рішення щодо подальшої роботи, а з іншого боку – сам є об'єктом управління. Педагогічне спілкування між ними відбувається таким чином. Якщо учень неправильно вирішив задачу, виконав завдання змодельованого аграрного виробництва, чи під час викладу теоретичного матеріалу

неправильно відповів на поставлене запитання, комп'ютер починає вести статистику помилок, для чого підключає до аналізу три блоки: аналізатор помилок (виявлення помилок); збір статистичних даних про помилки (фіксація місць, де систематично помиляється учень); вибір коригувальної програми для допомоги учню і підведення підсумків статистичних розрахунків (логічний блок).

Залежно від рівня виявлених знань і ступеня повторення однотипних помилок комп'ютер видає консультацію, у якій вказується, що саме учень повинен виправити чи врахувати у цій ситуації змодельованого виробництва аграрної продукції. У найбільш складних ситуаціях комп'ютер відсилає учня за консультацією до викладача. Крім того, учню, може надаватися певна допоміжна інформація, необхідна для аналізу і корекції результатів роботи. Ступінь розгорнення цієї інформації, потужність підказки визначається результатом раніше виконаної роботи і цілями заняття.

Учень на будь-якому етапі може самостійно вибрати рівень складності завдання і методики викладу навчального матеріалу предмету. До того ж характер допомоги, що надається учню, визначається цілями навчання, рівнем його підготовки, особливостями навчання певної дисципліни. Загальний принцип такий: учню не видається нова інформація, поки він не засвоїть попередній матеріал.

Залежно від використовуваних компонентів формуються різні програмні дидактичні засоби аграрного спрямування, що відрізняються своєю предметною частиною, технічним і програмним забезпеченням. Якщо технічне і відповідно програмне забезпечення орієнтоване на використання різних видів техніки, то з'являється можливість створення інтегрованої навчальної системи, наприклад мультимедіа. Якщо програмне забезпечення засноване на принципах побудови інтелектуальних систем в сфері аграрної науки, то з'являється можливість створення експертних систем АПК.

Навчальним планом підготовки трактористів-машиністів сільськогосподарського виробництва передбачено вивчення дисципліни «Інформаційні технології», перелік тем та кількість годин, що відводиться на їх вивчення, наведені в табл. 1.

У першій темі «Використання інформаційних та комп'ютерних технологій для автоматизації виробництва» передбачено розгляд наступних питань. Поняття про системи управління автоматизованим обладнанням: верстатом, агрегатом, виробничою установкою, роботехнічним комплексом, гнучким автоматизованим модулем, лінією, цехом, підприємством. Числове програмне управління та його різновидності (локальні системи, супервізирне

управління, пряме числове управління). Принцип будови та склад гнучких виробничих систем: гнучкі автоматизовані виробничі модулі (ГВМ), гнучкі автоматизовані виробничі комплекси (ГВК). Визначення та принцип будови автоматизованих систем. АСУП – автоматизована система управління підприємством. САПР – система автоматизованого проектування. АТСС – автоматизована транспортно-складська система. АСУТП – автоматизована система управління технологічним процесом. Роботизація та автоматизація виробництва на основі електронно-обчислювальної техніки - основа інтенсифікації виробництва. Особливості Роботизація та автоматизація виробництва у тракторобудуванні. Охорона праці та техніка безпеки під час роботи на автоматизованому обладнанні. Роль людського фактора в автоматизованому виробництві. Перспектива розвитку електронно-обчислювальної техніки і засобів автоматизації та їх застосування у тракторобудуванні.

1. Перелік тем та кількість годин дисципліни «Інформаційні технології».

№ з/п	Тема	Кількість годин	
		всього	з них на лабораторно-практичні роботи
1.	Використання інформаційних та комп'ютерних технологій для автоматизації виробництва	12	-
2.	Системи управління на основі комп'ютерних технологій	5	4
Всього:		17	4

У другій темі «Системи управління на основі комп'ютерних технологій» пропонуються наступні питання. Поняття про мікропроцесори, контролери та логічні елементи. Елементна база сучасних комп'ютерів. Вимоги до елементної бази для автоматизованих сільськогосподарських комплексів. Класифікація пристроїв зв'язку в автоматизованих системах управління за принципом дії: швидкістю передачі даних, видом сигналу. Використання пристроїв та ліній зв'язку в сільському господарстві. Датчики, їх визначення. Статичні характеристики датчика та його чутливість. Класифікація датчиків за видом вхідних неелектричних величин: механічних, теплових, оптичних. Датчики переміщення, тиску, температури, частоти.

Під час проведення лабораторно-практичних робіт виконується:

1. Зняття статичних характеристик з датчиків.

2. Вивчення характеристик датчиків, що застосовуються у професії тракториста-машиніста сільськогосподарського виробництва.

Висновок. Виконаний аналіз програмних дидактичних засобів, що використовуються в аграрній освіті, приведених тем, питань та лабораторно-практичних робіт з дисципліни «Інформаційні технології» показує, що дана навчальна програма виконує недостатню загальноосвітню та розвивальну функції під час підготовки тракториста-машиніста сільськогосподарського виробництва і не відповідає ролі та значенню інформаційних технологій в житті суспільства на сучасному етапі. У зв'язку з цим вона потребує удосконалення в напрямі розширення основних питань використання інформаційних технологій та збільшення кількості годин на їх вивчення.

Список літератури

1. Булах І.Є. Теорія і методика комп'ютерного тестування успішності навчання: дис.... доктора пед. наук : 13.00.01 / Булах Ірина Євгенівна – К., 1995. – 430 с.
2. Верлань А.Ф. Основні напрямки застосування ІКТ в сучасній школі / А.Ф. Верлань, Л.О. Тверезовська // Сучасні ІКТ в навчальному процесі. – К.: НПУ ім. М.П. Драгоманова, 1997. – С. 22–28.
3. Гуржій А.М. Інформаційні технології в освіті / А.М. Гуржій // Проблеми освіти : наук.-метод. зб. / Кол. авт.: М.З. Згуровський (гол. ред.) та ін. – К.: ІЗМН, 2002. – Вип. 11. – 172 с.
4. Ключко В.І. Нові ІКТ навчання математики в технічній вищій школі : автореф. дис... на здобуття наук. степеня док. пед. наук : спец. 13.00.02 «Теорія та методика професійної освіти». – К., 1998. – 36 с.
5. Кропивко М.Ф. Інформаційне забезпечення агропромислового виробництва України в ринкових умовах / М.Ф. Кропивко. – К.: УААН, ІАЕ, 1996. – 134 с.
6. Кузнецов А.А. О концепции содержания образовательной области "Информатика" в 12-летней школе / А.А. Кузнецов // Информатика и образование. – 2000. – №7. – С. 2–7.
7. Машбиц Е.И. Психолого-педагогические проблемы компьютеризации обучения / Е.И. Машбиц. – М.: Педагогика, 1988. – 192 с.
8. Мельничук Д.О. Проблеми становлення та розвитку ринкової системи розповсюдження аграрних знань та інформації в Україні / Під ред. Д.О. Мельничука, М.Ф. Кропивка. – К.: НАУ, 2001. – 10 с.
9. Морзе Н.В. Методика навчання інформатики / За ред. М.І. Жалдака. – К.: Навчальна книга, 2003. – 254 с.
10. Основы компьютерной грамотности / Е.И. Машбиц, Л.П. Бабенко, Л.В. Верник и др. – К.: Вища школа, 1988. – 215 с.
11. Скибицкий Е.Г. Компьютеризированные курсы в педагогическом процессе общеобразовательных учреждений / Е.Г. Скибицкий. – Новосибирск, 1999. – 212 с.
12. Сумський В.І. ЕОМ при вивченні фізики : навчальний посібник / За ред. М.І. Шута. – 2-е вид. – К.: Вища школа, 1997. – 184 с.

13. Шадриков В.Д. Информационные технологии и педагогика / В.Д. Шадриков // Телекоммуникации и информатизация образования. – 2002. – №5. – С. 36–38.
14. Швиденко М.З. Створення дистанційної аграрної освіти / М.З. Швиденко // Аграрна наука та освіта. – 2001. – Т. 2. – №1-2. – С. 21–38.

В статье выполнен анализ программных дидактических средств, используемых в аграрном образовании. Рассмотрены аспекты информационно-коммуникационной подготовки трактористов-машинистов аграрного производства.

Информационно-коммуникационные технологии, программируемые дидактические материалы, профессия, тракторист-машинист, учебные программы.

In analysis of didactic software programs, which are used in agrarian education and information and communication preparation of tractor driver-machinist, is executed in paper.

Information and communication technologies, programmable didactic materials, profession, tractor-driver, tutorials.

УДК 621.50

АНАЛІЗ ТА СИНТЕЗ ОПТИМАЛЬНОГО КЕРУВАННЯ РУХОМ ВАНТАЖОПІДЙОМНОГО КРАНА ПРЯМИМ ВАРІАЦІЙНИМ МЕТОДОМ

**В.С. Ловеїкін, доктор технічних наук
Ю.О. Ромасевич, кандидат технічних наук**

В статті виконано постановку задачі оптимального керування рухом вантажопідйомного крана із вантажем на гнучкому підвісі. Показано неможливість використання варіаційного методу для розв'язування задачі. На основі прямого варіаційного методу знайдено наближений розв'язок задачі. Досліджено вплив кількості додаткових крайових умов на величину оптимізаційного критерію. Запропоновано показник ступеня „близькості” значення критерію до його мінімального значення.

Прямий варіаційний метод, оптимальне керування, вантажопідйомний кран, нелінійна регресія.

Постановка проблеми. Однією з проблем експлуатації вантажопідйомних кранів із гнучким підвісом вантажу є коливання вантажу, які виникають протягом перехідних режимів руху крана.

© В.С. Ловеїкін, Ю.О. Ромасевич, 2014

13. Шадриков В.Д. Информационные технологии и педагогика / В.Д. Шадриков // Телекоммуникации и информатизация образования. – 2002. – №5. – С. 36–38.
14. Швиденко М.З. Створення дистанційної аграрної освіти / М.З. Швиденко // Аграрна наука та освіта. – 2001. – Т. 2. – №1-2. – С. 21–38.

В статье выполнен анализ программных дидактических средств, используемых в аграрном образовании. Рассмотрены аспекты информационно-коммуникационной подготовки трактористов-машинистов аграрного производства.

Информационно-коммуникационные технологии, программируемые дидактические материалы, профессия, тракторист-машинист, учебные программы.

In analysis of didactic software programs, which are used in agrarian education and information and communication preparation of tractor driver-machinist, is executed in paper.

Information and communication technologies, programmable didactic materials, profession, tractor-driver, tutorials.

УДК 621.50

АНАЛІЗ ТА СИНТЕЗ ОПТИМАЛЬНОГО КЕРУВАННЯ РУХОМ ВАНТАЖОПІДЙОМНОГО КРАНА ПРЯМИМ ВАРІАЦІЙНИМ МЕТОДОМ

**В.С. Ловеїкін, доктор технічних наук
Ю.О. Ромасевич, кандидат технічних наук**

В статті виконано постановку задачі оптимального керування рухом вантажопідйомного крана із вантажем на гнучкому підвісі. Показано неможливість використання варіаційного методу для розв'язування задачі. На основі прямого варіаційного методу знайдено наближений розв'язок задачі. Досліджено вплив кількості додаткових крайових умов на величину оптимізаційного критерію. Запропоновано показник ступеня „близькості” значення критерію до його мінімального значення.

Прямий варіаційний метод, оптимальне керування, вантажопідйомний кран, нелінійна регресія.

Постановка проблеми. Однією з проблем експлуатації вантажопідйомних кранів із гнучким підвісом вантажу є коливання вантажу, які виникають протягом перехідних режимів руху крана.

© В.С. Ловеїкін, Ю.О. Ромасевич, 2014

Для того, щоб знизити небажані коливання, які знижують продуктивність крана, необхідно отримати такий закон зміни керування (моменту приводу, швидкості руху крана), який би дозволяв усувати вказані коливання протягом перехідних режимів руху. Крім того, цей закон повинен забезпечувати покращення експлуатаційних характеристик крана, наприклад, зниження рівня динамічних навантажень у елементах його конструкції, або підвищення енергоефективності тощо. Для того, щоб досягнути вказаних вимог необхідно провести оптимізацію режимів руху крана. Таким чином, функція керування краном повинна бути оптимальною.

Аналіз останніх досліджень. Задачею усунення коливань вантажу закріпленого на гнучкому підвісі займалось багато дослідників [1-10]. Ці дослідження базувались на методах оптимального керування: варіаційного числення, принципу максимуму, динамічного програмування та теорії моментів. Отримані результати є оптимальними за певними критеріями: енергетичними, швидкодії, кінематичними, динамічними тощо. Необхідно зазначити, що оптимальні за одними критеріями закони руху крана є неоптимальними за іншими. Наприклад, оптимальне за швидкодією керування є неоптимальним за енергетичними витратами, динамічними та кінематичними показниками. Це пояснюється тим, що у процесі руху крана його швидкість може змінювати свій знак на протилежний, що досягається за рахунок реверсування електроприводу. При цьому витрачається значна кількість електроенергії. Зміна знаку електромагнітного моменту двигуна при оптимальному керуванні викликає підвищення коефіцієнту динамічності у приводі крана: отже такий режим руху є неоптимальним за цим показником.

Крім того, існує значний масив результатів, присвячених задачі усунення коливань вантажу на гнучкому підвісі, які можна назвати раціональними. Для їх знаходження не використовуються методи оптимального керування, а інші методи, наприклад, нечіткої логіки [11, 12]. Результати оптимальні за допомогою цього методу мають свої недоліки та переваги. Головна їх перевага – керування представляється у вигляді зворотного зв'язку, головний недолік – значна амплітуда коливань вантажу протягом процесу усунення коливань, що у деяких випадках неприпустимо із технологічних міркувань.

Мета досліджень – визначення функції оптимального керування рухом вантажопідйомного крана, яка б дозволяла усувати коливання вантажу на гнучкому підвісі.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

1. виконати постановку задачі оптимального керування рухом крана з вантажем на гнучкому підвісі та виконати її аналіз;

2. розв'язати задачу оптимального керування рухом крана за допомогою прямого варіаційного методу;

3. виконати аналіз розв'язку.

Виконаємо постановку задачі визначення оптимального керування рухом вантажопідйомного крана із вантажем на гнучкому підвісі у режимі гальмування. Для проведення досліджень прийнято двомасову модель механізму пересування крана (рис. 1), яка досить широко використовується у задачах дослідження динаміки [13-15] та оптимального керування рухом кранів прольотного типу [1-12]. Зробимо зауваження стосовно прийнятої динамічної моделі (рис. 1): вона відображає лише коливання вантажу на гнучкому підвісі, при цьому не враховуються коливання у приводному механізмі крана, а також коливання кранової металоконструкції. Вказані коливання мають частоти на декілька порядків більші ніж частота коливань вантажу на гнучкому підвісі і тому у розрахунках можна прийняти, що кран рухається по абсолютно жорсткій основі, а прийнятий закон зміни приводного зусилля F „абсолютно точно” реалізується приводом крана (у розрахунках нехтують динамічними процесами приводного механізму крана).

Приведена розрахункова схема руху крана із вантажем на гнучкому підвісі (рис. 1) описується системою диференціальних рівнянь:

$$\begin{cases} m_1 \ddot{x}_1 + m_2 \ddot{x}_2 = -F - W \operatorname{sign} \dot{x}_1; \\ \ddot{x}_2 + \frac{g}{l} (x_2 - x_1) = 0, \end{cases} \quad (1)$$

де m_1 – приведена маса приводного механізму і вантажного крана; m_2 – маса вантажу; x_1, x_2 – координати центрів мас відповідно крана і вантажу; g – прискорення вільного падіння; l – довжина гнучкого підвісу; F – сумарне тягове або гальмівне зусилля, що діє на кран (у даній роботі зусилля F є гальмівним, отже його напрям співпадає із напрямом приведеної сили опору переміщенню крана); W – приведена сила опору переміщенню крана.

Будемо вважати, що при переміщенні крана протягом гальмування він не змінює свою швидкість, тобто $\operatorname{sign} \dot{x}_1 = 1$. Для усунення коливань вантажу та зупинки крана у заданому положенні необхідно забезпечити такі умови:

$$\begin{cases} x_1(T) = x_2(T) = s; \\ \dot{x}_1(T) = \dot{x}_2(T) = 0, \end{cases} \quad (2)$$

де $x_1(T)$ і $x_2(T)$ – координати центрів мас відповідно карана і вантажу в момент часу T ; $\dot{x}_1(T)$ і $\dot{x}_2(T)$ – швидкість крана і вантажу відповідно у момент часу T ; s – задане положення крана у момент часу T ; T – момент закінчення гальмування.

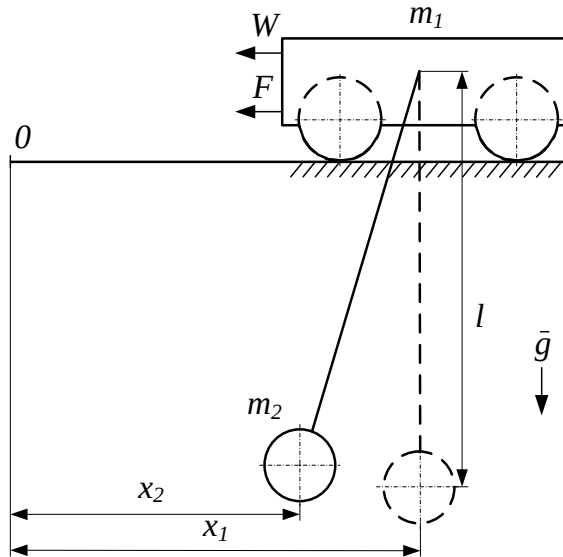


Рис. 1. Розрахункова модель системи „кран-вантаж”.

Початковий стан системи описується такими умовами:

$$\begin{cases} x_2(0) = x_1(0) - \Delta x(0); \\ \dot{x}_2(0) = \dot{x}_1(0) - \Delta \dot{x}(0); \\ \ddot{x}_2(0) = \frac{g}{l} \Delta x(0); \\ \ddot{x}_2(0) = \frac{g}{l} \Delta \dot{x}(0), \end{cases} \quad (3)$$

де $x_1(0)$ та $\dot{x}_1(0)$ – положення та швидкість крана у момент часу $t=0$ відповідно.

Оптимізаційний критерій задачі з урахуванням системи диференціальних рівнянь (1) запишеться у такому вигляді:

$$\begin{aligned} I &= T^{-1} \int_0^T [\delta_0 (x_2 - s)^2 + \delta_1 \dot{x}_2^2 + \delta_2 (x_1 - s)^2 + \delta_3 \dot{x}_1^2 + \delta_4 \left(\frac{-F - W}{m_1} \right)^2] dt = \\ &= T^{-1} \int_0^T [\delta_0 (x_2 - s)^2 + \delta_1 \dot{x}_2^2 + \delta_2 (x_2 + \ddot{x}_2 \Omega_0^{-2} - s)^2 + \delta_3 (\dot{x}_2 + \ddot{x}_2 \Omega_0^{-2})^2 + \\ &+ \frac{\delta_4}{m_1^2} (x_2 m_1 \Omega_0^{-2} + \ddot{x}_2 (m_1 + m_2))^2] dt \rightarrow \min. \end{aligned} \quad (4)$$

де $\delta_0, \delta_1, \delta_2, \delta_3, \delta_4$ – деякі коефіцієнти.

Пояснимо чому саме такий критерій обрано. Одиничний критерій $(x_2 - s)^2$ відображає квадрат величини відстані від поточного до заданого стану вантажу, тобто до місця адресації. Критерій $\dot{x}_2^2$ відображає величину квадрата швидкості руху вантажу, яку необхідно зменшити протягом гальмування до нуля. Два інші одиничні критерії відображають величину квадрата відстані крана до місця його зупинки $(x_1 - s)^2$ та квадрата швидкості руху крана $\dot{x}_1^2$. Останній доданок показує витрати на керування.

Таким чином, критерій (4) забороняє тривале „існування” фазової точки динамічної системи на значній відстані від початку координат, (динамічна система „буде намагатись” потрапити у задане положення якнайшвидше).

Множник перед критерієм T^{-1} показує те що, розмірність критерія співпадає з розмірністю його підінтегрального виразу. Одиничні показники, які входять у критерій (5.6) мають різний фізичний зміст, тому їх необхідно приводити до однієї розмірності або до безрозмірної величини. У подальшому будемо вважати, що цю функцію виконують коефіцієнти δ_i ($i=0, 1, 2, 3, 4$). Це означає, що коефіцієнти δ_i ($i=0, 1, 2, 3, 4$) представляються у вигляді добутку двох величин:

$$\delta_i = k_i \tilde{I}_i, \quad (5)$$

де k_i – ваговий коефіцієнт, який відображає важливість i -того одиничного критерію з виразу (6); $\tilde{I}_i$ – деякий коефіцієнт, який приводить розмірність одиничного критерію до безрозмірного вигляду.

Розкриємо сутність коефіцієнтів $\tilde{I}_i$ для кожного одиничного критерію:

$$\begin{cases} \tilde{I}_0 = \tilde{I}_2 = s^{-2}; \\ \tilde{I}_1 = \tilde{I}_3 = v^{-2}; \\ \tilde{I}_4 = \frac{m_1^2}{F_{ном}^2}, \end{cases} \quad (6)$$

де v – номінальна швидкість руху крана; $F_{ном}$ – номінальне приводне зусилля крана.

Для розв’язування поставленої задачі спробуємо використати метод варіаційного числення [16]. Для цього запишемо необхідну умову екстремуму критерію (4) – рівняння Ейлера-Пуассона:

$$\overset{VIII}{x_2} + C_1 \overset{VI}{x_2} + C_2 \overset{IV}{x_2} + C_3 \ddot{x}_2 + C_4 x_2 = C_4 s, \quad (7)$$

де C_1, C_2, C_3, C_4 – коефіцієнти, які знаходяться із таких виразів:

$$\begin{cases} C_1 = \frac{2gm_1(m_1 + m_2)\delta_4 - l\delta_3}{lm_1^2\delta_4}; \\ C_2 = \frac{l^2\delta_2 - 2gl\delta_3 + g^2(m_1 + m_2)^2\delta_4}{l^2m_1^2\delta_4}; \\ C_3 = \frac{g(2l\delta_2 - g(\delta_1 + \delta_3))}{l^2m_1^2\delta_4}; \\ C_4 = \frac{\Omega_0^2(\delta_0 + \delta_2)}{l^2m_1^2\delta_4}. \end{cases} \quad (8)$$

Для встановлення типу екстремуму критерію (2) використаємо умову Лежандра, яка для критерію (2) записується у вигляді:

$$\frac{\partial^2 f}{\partial x_2^2} = \frac{2m_1^2\delta_4}{\Omega_0^2} > 0, \quad (9)$$

де f – підінтегральний вираз критерію (4). Приходимо до висновку, що розв'язавши диференціальне рівняння (7), знайдемо мінімум критерію (4).

Як відомо, розв'язок неоднорідного диференціального рівняння є сумою загального розв'язку відповідного однорідного рівняння та частинного розв'язку неоднорідного диференціального рівняння. Спочатку запишемо однорідне диференціальне рівняння, яке відповідає рівнянню (7):

$$x_2^{VIII} + C_1 x_2^{VI} + C_2 x_2^{IV} + C_3 \ddot{x}_2 + C_4 x_2 = 0. \quad (10)$$

Для його розв'язування необхідно скласти характеристичне рівняння. Запишемо його:

$$r^8 + C_1 r^6 + C_2 r^4 + C_3 r^2 + C_4 r = 0. \quad (11)$$

Неможливо знайти корені алгебраїчного рівняння восьмої степені (9) у радикалах. Це означає, що неможливо аналітично знайти розв'язок рівняння Ейлера-Пуассона (7). Поставлену задачу (1)-(6) спробуємо розв'язати прямим варіаційним методом [17].

Відповідно до прямого варіаційного методу необхідно знайти розв'язок триточнової крайової задачі:

$$\begin{cases} x_2^{IX} = 0; \\ \begin{cases} x_2(0) = x_1(0) - \Delta x(0); \dot{x}_2(0) = \dot{x}_1(0) - \Delta \dot{x}(0); \ddot{x}_2(0) = \Delta x(0); \ddot{x}_2(0) = \Delta \dot{x}(0); \end{cases} \\ x_2\left(\frac{T}{2}\right) = q_1; \\ \begin{cases} x_2(0) = \dot{x}_2(0) = \ddot{x}_2(0) = \ddot{x}_2(0) = 0, \end{cases} \end{cases} \quad (12)$$

де $x_1(0)$ та $\dot{x}_1(0)$ – положення та швидкість крана у момент часу $t=0$ відповідно; q_1 – значення положення вантажу у момент часу $t = \frac{T}{2}$.

Розв'язок крайової задачі (10) записується у такому вигляді:

$$x_2 = \frac{(t-T)^4}{T^8} (256q_1t^4 - (2t-T)(\dot{x}_1(0)tT(22t^2 + 6tT + T^2) - \Delta\dot{x}(0)tT \times \\ \times (22t^2 + 6tT + T^2) + (64t^3 + 22t^2T + 6tT^2 + T^3)(x_1(0) - \Delta x(0))) - lt^2 \times \\ \times (2t-T)T^2(\Delta\dot{x}(0)tT + 3(6t+T)\Delta x(0))). \quad (13)$$

Тепер можемо знайти вищі похідні функції (11) та підставити отримані вирази у підінтегральний вираз критерію (4). Надалі візьмемо визначений інтеграл (4). Не будемо записувати цей вираз, оскільки він має значний об'єм, відмітимо лише те, що у ньому присутній параметр q_1 . Для того, щоб мінімізувати критерій (4) необхідно розв'язати таке рівняння:

$$\frac{\partial I}{\partial q_1} = 0 \quad (14)$$

відносно невідомого параметру q_1 . Фізичний зміст оптимізації полягає у тому, що знаходять таке значення положення вантажу у момент часу $t = \frac{T}{2}$ при якому критерій (4) набуває якнайменшого

значення. Однак, це не означає, що задача розв'язана точно. Отриманий розв'язок – це лише наближення до точного розв'язку, який є розв'язком рівняння Ейлера-Пуассона (7). Для знайденого наближеного розв'язку задачі оптимального керування рухом вантажопідйомного крана з вантажем на гнучкому підвісі побудуємо графіки функцій (рис. 2), які ілюструють динаміку руху системи. Графіки на рис. 2 побудовані при наступних параметрах: $T=7$ с; $m_1=10000$ кг; $m_2=20000$ кг; $l=10$ м; $\dot{x}_1(0)=1$ м/с; $\Delta x(0)=-0,5$ м, $\Delta\dot{x}(0)=-0,5$ м/с; $k_0=k_1=k_2=0,2$; $k_3=0,01$.

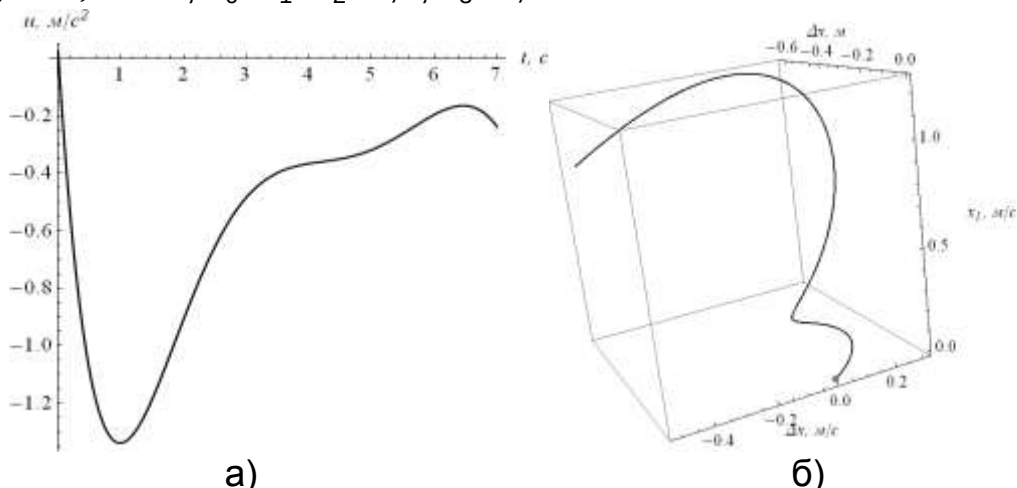


Рис. 2. Графіки функцій: а) керування рухом крана; б) неklasичний фазовий портрет руху динамічної системи у координатах „кут відхилення канату з вантажем від вертикалі – швидкість кута відхилення канату з вантажем від вертикалі – швидкість руху крана”.

Для того, щоб збільшити точність розв'язку задачі необхідно отримати базисну функцію, яка б задовільняла більшій кількості додаткових крайових умов. Встановимо, як збільшення додаткових крайових умов у базисній функції впливає на зменшення значення функціоналу (4). Для цього розв'яжемо задачу при двох, трьох, чотирьох та п'яти додаткових крайових умовах. Для кожної задачі визначимо значення критерію (4). Таким чином, будемо мати таблицю даних, де кількості додаткових крайових умов відповідає деяке значення функціоналу.

Спробуємо знайти аналітичну залежність між вказаними величинами. Для цього використаємо метод нелінійної регресії [18]. Спочатку задамо регресійну модель, яка буде відображати шукану залежність:

$$I_k = a + b \cdot e^{c-k}, \quad (13)$$

де a , b , c – параметри регресійної моделі, які необхідно знайти; k – кількість додаткових крайових умов; I_k – значення критерію, яке відповідає крайовій задачі з k кількістю додаткових крайових умов. Використавши метод нелінійної регресії знайдемо невідомі параметри a , b , c . Розрахунки були проведені для довірчого рівня 0,99. У таблиці 1 приведемо статистичні показники регресійної функції (13).

1. Статистичні показники регресійної функції (13).

Параметри регресійної моделі	Значення статистичних показників		
	Значення параметра регресійної моделі	Стандартна похибка	Критерій Стюдента
a	$1,86007 \cdot 10^{15}$	$1,12799 \cdot 10^{-16}$	$1,64902 \cdot 10^{31}$
b	$1,0172 \cdot 10^6$	$1,24853 \cdot 10^{-8}$	$8,1472 \cdot 10^{13}$
c	19,8117	0,0127	1559,98

Для проведених розрахунків коефіцієнт детермінації R рівний 0,9999995365, що вказує на досить точне відображення моделлю (13) чисельних даних. Критичне значення критерію Стюдента для даної кількості ступенів вільності складає 4,604, що значно менше ніж розраховані значення для параметрів моделі (13). Це означає, що всі параметри моделі статистично значимі. Крім того, стандартні похибки всіх параметрів моделі невеликі: вони показують середнє квадратичне відхилення параметра моделі від його істинного значення. Таким чином, розрахована регресійна функція досить точно відображає зміну величини функціоналу в залежності від кількості додаткових крайових умов (рис. 3). Дослідимо функцію (13). Для цього знайдемо її границю:

$$\lim_{k \rightarrow \infty} I = a. \quad (14)$$

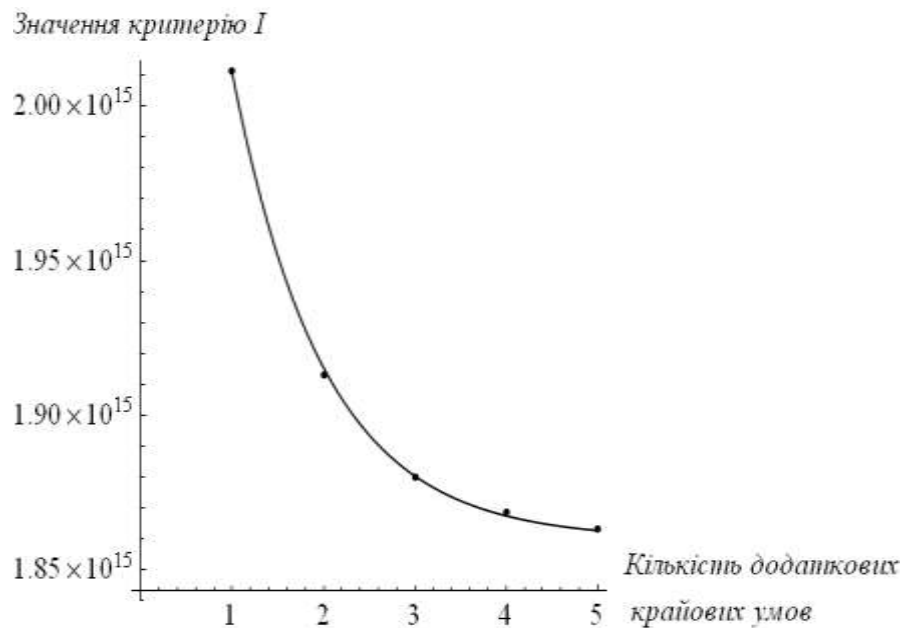


Рис. 3. Регресійна функція (13) та чисельні значення критерію I , які відповідають кількості додаткових крайових умов.

Вираз (14) означає, що у рамках прийнятого підходу значення параметра a регресійної функції (13) відображає точну величину оптимізаційного критерію (4). Приведені вище розрахунки виконані для того, щоб встановити „близькість” наближеного розв’язку до точного. Одним із показників „близькості” може бути такий:

$$\gamma = \frac{I_k - a}{I_k} \cdot 100\%, \quad (15)$$

У табл. 2 наведені значення показника (15) для різної кількості додаткових крайових умов.

2. Значення показника (15) для різної кількості додаткових крайових умов.

Кількість додаткових крайових умов	Значення показника γ , %
1	7,51
2	2,63
3	0,99
4	0,44
5	0,15

Аналізуючи дані, які представлені у табл. 2, приходимо до висновку, що при $k=3$ наближений розв’язок оптимізаційної задачі знаходиться досить „близько” до значення критерію, яке рівне параметру a регресійного рівняння (13), тобто до мінімального значення функціоналу (4), яке знаходиться аналітично. Подальше ускладнення задачі для збільшення точності її розв’язку не потрібне.

Висновок. Таким чином, у даній роботі розв'язана задача оптимального керування рухом вантажопідйомного крана із вантажем на гнучкому підвісі. Встановлено характер впливу складності задачі (кількості додаткових крайових умов у базисній функції, на якій відшукується наближений розв'язок) на величину оптимізаційного критерію. Результати роботи модель бути використані для розробки алгоритмів роботи мехатронної системи керування рухом вантажопідйомних кранів. Крім того, результати математичних розрахунків із використанням прямого варіаційного методу можуть бути використані для оцінки ступеня наближеності розв'язку задачі оптимального керування до її точного розв'язку.

Список літератури

1. Бушер В.В. Асинхронный электропривод подъемно-транспортных механизмов с микропроцессорным управлением: автореф. дисс. на соиск. степ. канд. техн. наук: спец. 05.09.03 „Электрические комплексы и системы, включая их управление и регулирование” / В.В. Бушер. – Одесса, 1993. – 16 с.
2. Мельникова Л.В. Автоматизация технологического процесса перемещения механизма с подвешенным грузом средствами микропроцессорного управления: дисс. на соиск. степ. канд. техн. наук: 05.09.03 / Мельникова Любовь Васильевна. – Одесса, 2000. – 116 с.
3. Свиргул В.П. Разработка оптимальных законов управления мостовым грейферным краном и применение микропроцессорной системы для их реализации: автореф. дисс. на соиск. степ. канд. техн. наук: спец. 05.05.05 „Подъемно-транспортные машины” / В.П. Свиргул. – Х., 1989. – 15 с.
4. Смехов А.А. Оптимальное управление подъемно-транспортными машинами / А.А. Смехов, Н.И. Ерофеев. – М.: Машиностроение, 1975. – 239 с.
5. Ловейкін В.С. Моделювання динаміки механізмів вантажопідйомних машин / В.С. Ловейкін, Ю.В. Човнюк, М.Г. Діктерук, С.І. Пастушенко – К.-Миколаїв: РВВ МДАУ, 2004. – 286 с.
6. Будиков Л.Я. Многопараметрический анализ динамики грузоподъемных кранов мостового типа / Л.Я. Будиков. – Луганск: Издательство ВУГУ, 1997. – 210 с.
7. Герасимьяк Р.П. Анализ и синтез крановых электромеханических систем / Р.П. Герасимьяк, В.А. Лещёв. – Одесса: СМІЛ, 2008. – 192 с.
8. Черноусько Ф.Л. Управление колебаниями / Ф.Л. Черноусько, Л.Д. Акуленко, Б.Н. Соколов – М.: Наука, 1980. – 384 с.
9. Геронимус Я.Л. О некоторых методах определения оптимального закона движения, рассматриваемого как управляющее воздействие / Я.Л. Геронимус, М.М. Перельмутер // Машиноведение. – 1966. – № 6. – С. 6–24.
10. Ловейкин В.С. Расчеты оптимальных режимов движения механизмов строительных машин / В.С. Ловейкин. – К.: УМК ВО, 1990. – 168 с.
11. Терехов В.М. Системы управления электроприводов : учебник / В.М. Терехов, О.И. Осипов ; под ред. Терехова В.М. – Саратов: Изд. центр „Академия”, 2005. – 300 с.
12. Сохадзе А.Г. Мехатронная система грузоподъемного крана для автоматической стабилизации положения груза и управления его движением: дисс. на соиск. степ. канд. тех. наук: 05.02.05 / Сохадзе Александр Георгиевич. – Новочеркасск, 2006. – 218 с.

13. Комаров М.С. Динамика грузоподъемных машин / М.С. Комаров. – М.: Машиностроение, 1969. – 206 с.
14. Казак С.А. Динамика мостовых кранов / С.А. Казак. – М.: Машиностроение, 1968. – 331 с.
15. Лобов Н.А. Динамика грузоподъемных кранов / Н.А. Лобов. – М.: Машиностроение, 1987. – 160 с.
16. Эльсгольц Л.Э. Дифференциальные уравнения и вариационное исчисление / Л.Э. Эльсгольц. – М.: Наука, 1969. – 424 с.
17. Ловейкін В.С. Оптимізація перехідних режимів руху механічних систем прямим варіаційним методом / В.С. Ловейкін, Ю.О. Ромасевич. – К.; Ніжин: Видавець ПП Лисенко М.М., 2010. – 184 с.
18. Демиденко Е.З. Линейная и нелинейная регрессии / Е.З. Демиденко. – М.: Финансы и статистика, 1981. – 303 с.

В статье выполнена постановка задачи оптимального управления движением грузоподъемного крана с грузом на гибком подвесе. Показано невозможность использования вариационного метода для решения задачи. На основе прямого вариационного метода найдено приближенное решение задачи. Исследовано влияние количества дополнительных краевых условий на величину оптимизационного критерия. Предложен показатель степени „близости” значение критерия к него минимальному значению.

Прямой вариационный метод, оптимальное управление, грузоподъемный кран, нелинейная регрессия.

The paper made formulation of problem of crane motion optimal control with load on flexible suspension. Shown the inability to use variational method to solve the problem. On basis of direct variational method approximate solution of problem. The influences of number of additional boundary conditions on value of optimization criterion have been showed. Proposed exponent of „closeness” to value of criterion to its minimum value.

Direct variational method, optimal control, load-lifting crane, nonlinear regression.

УДК 662.767.3

МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ЛУЖНОСТІ БЮДИЗЕЛЯ

***О.В. Поліщук, Н.І. Козак, магістри
В.М. Поліщук, кандидат технічних наук
А.В. Білецький, магістр***

© О.В. Поліщук, Н.І. Козак, В.М. Поліщук, А.В. Білецький, 2014

13. Комаров М.С. Динамика грузоподъемных машин / М.С. Комаров. – М.: Машиностроение, 1969. – 206 с.
14. Казак С.А. Динамика мостовых кранов / С.А. Казак. – М.: Машиностроение, 1968. – 331 с.
15. Лобов Н.А. Динамика грузоподъемных кранов / Н.А. Лобов. – М.: Машиностроение, 1987. – 160 с.
16. Эльсгольц Л.Э. Дифференциальные уравнения и вариационное исчисление / Л.Э. Эльсгольц. – М.: Наука, 1969. – 424 с.
17. Ловейкін В.С. Оптимізація перехідних режимів руху механічних систем прямим варіаційним методом / В.С. Ловейкін, Ю.О. Ромасевич. – К.; Ніжин: Видавець ПП Лисенко М.М., 2010. – 184 с.
18. Демиденко Е.З. Линейная и нелинейная регрессии / Е.З. Демиденко. – М.: Финансы и статистика, 1981. – 303 с.

В статье выполнена постановка задачи оптимального управления движением грузоподъемного крана с грузом на гибком подвесе. Показано невозможность использования вариационного метода для решения задачи. На основе прямого вариационного метода найдено приближенное решение задачи. Исследовано влияние количества дополнительных краевых условий на величину оптимизационного критерия. Предложен показатель степени „близости” значение критерия к него минимальному значению.

Прямой вариационный метод, оптимальное управление, грузоподъемный кран, нелинейная регрессия.

The paper made formulation of problem of crane motion optimal control with load on flexible suspension. Shown the inability to use variational method to solve the problem. On basis of direct variational method approximate solution of problem. The influences of number of additional boundary conditions on value of optimization criterion have been showed. Proposed exponent of „closeness” to value of criterion to its minimum value.

Direct variational method, optimal control, load-lifting crane, nonlinear regression.

УДК 662.767.3

МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ЛУЖНОСТІ БЮДИЗЕЛЯ

***О.В. Поліщук, Н.І. Козак, магістри
В.М. Поліщук, кандидат технічних наук
А.В. Білецький, магістр***

© О.В. Поліщук, Н.І. Козак, В.М. Поліщук, А.В. Білецький, 2014

Наведена методика потенціометричного титрування, адаптована до визначення лужності біодизеля. Розглянуті технічні засоби для проведення потенціометричного титрування біодизеля.

Біодизель, лужність, потенціометричне титрування, робочий електрод, електрод порівняння, рН-метр.

Постановка проблеми. В зв'язку із виникненням глобальних енергетичної та економічної світових криз, людство активно здійснює пошук альтернативних викопним джерел енергії. Особливо велику увагу приділяється пошукам заміників світлих нафтопродуктів, адже без автомобілів, літаків, поїздів людство не бачить свого подальшого існування. Велика частина автомобілів, більшість тракторів та інших мобільних та стаціонарних машин мають привід від дизельних двигунів, які на сучасному етапі, в основному, працюють на нафтовому дизельному паливі, одним із заміників якого є біодизель.

При виробництві біодизеля за традиційною технологією для прискорення реакції метанолізу обов'язково застосовується кислотний або лужний каталізатор. Гетерогенний каталізатор при виробництві біодизеля 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 біодизеля. Однак сам каталізатор не вступає в реакцію метанолізу, а тільки її прискорює. Тому у виготовленому біодизелі 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.

Аналіз останніх досліджень. При застосуванні технології з надкритичним станом метанолу в зв'язку із відсутністю каталізатора очищення біодизеля від нього не потрібне. Відсутність необхідності очищення виробленого біодизеля характерна і при застосуванні традиційної технології із гетерогенним каталізатором, оскільки такий каталізатор не забруднює отриманий продукт. Проблема полягає в тому, що технологія з надкритичним станом метанолу в зв'язку із своєю складністю у нас ще не застосовується, а традиційна технологія із гетерогенним каталізатором в зв'язку із значною вартістю обладнання використовується при великих обсягах

виробництва біодизеля. При дрібнотоварному виробництві біодизеля, що характерний для сільських біодизельних заводів і установок, раціональною є традиційна технологія виробництва біодизеля із використанням гомогенного каталізатора, який після реакції метанолізу залишається в виробленому біодизелі [1, 2].

Оскільки в якості гомогенного каталізатора застосовуються КОН і NaOH, тобто речовини, що мають в своєму складі лужні метали калій і натрій, більшість стандартів на біодизель регламентують вміст саме цих металів. Згідно європейського стандарту EN 14214:2012-11 "Нафтопродукти рідкі. Метиллові ефіри жирних кислот (FAME) для дизельних двигунів і опалення. Вимоги та методи випробувань", вміст лужних металів в біодизелі не повинен перевищувати 5 мг/кг [3]. Аналогічні значення лужних металів в біодизелі зафіксовані і в вітчизняному стандарті ДСТУ 6081:2009 "Ефіри метиллові жирних кислот олій і жирів для дизельних двигунів. Технічні вимоги" [4], американському ASTM D 6751 "Паливо біодизельне (B100) як компонент змішування для дистильованих палив. Технічні умови" [5] та німецькому DIN 51606 [6].

Вміст калію і натрію відповідно до європейських EN 14109:2003 і EN 14108:2003 та вітчизняних ДСТУ EN 14109:2009 і ДСТУ EN 14108:2009 стандартів визначають атомною полуменевою абсорбційною спектрометрією за довжини хвилі 766,5 і 589 нм відповідно.

Разом із тим, визначення вмісту лужних металів за допомогою атомної полуменевої абсорбційної спектрометрії досить дороге. Наприклад, вартість атомно-абсорбційного спектрометра С-115М1 з додатковим обладнанням перевищує 100 тис. грн., а вартість дослідження однієї проби на даному приладі може доходити до 500 грн. Крім того, на корозійні властивості біодизеля впливають не самі лужні метали, а їх сполуки з гідроксильною групою OH, тобто луги.

За німецьким стандартом на біодизель DIN 51606 його лужність не повинна перевищувати 5 мг/кг [6]. Розроблена методика визначення лужності нафтопродуктів і мастильних матеріалів, яка наведена в [7]. Разом із тим не існує методики визначення лужності біодизеля.

Тому, **метою наших досліджень** є адаптація існуючої методики визначення лужності нафтопродуктів до біодизеля.

Результати досліджень. Лужність біодизеля можна визначати методом потенціометричного титрування за формулою:

$$L = \frac{56,1 \cdot c \cdot (V_1 - V_0)}{m}, \quad (1)$$

де L – лужність біодизеля, мг/г; c – концентрація розчину соляної кислоти, моль/л; V_1 – об'єм 0,1 моль/дм³ соляної кислоти, витраченої на титрування зразка до скачка потенціалу, мл; V_0 – об'єм 0,1 моль/дм³

соляної кислоти, витраченої на титрування контрольного зразка до значення ЕДС в буферному розчині або скачка потенціалу в цій області, мл; m – маса продукту, що аналізується, г.

Для проведення дослідження збирається установка потенціометричного титрування (рис. 1) у складі скляного стакана 9, кришки з отворами для електродів і бюретки 7, двох електродів – робочого 8 (скляний) та порівняння 3 (хлорсрібний), які з'єднуються із рН-метром (в нашому випадку – аналізатором іонів Al-123, ціна якого, на відміну від атомно-абсорбційного спектрометра, становить 4,5 тис. грн.), скляної бюретки 5. Установка встановлюється на магнітну мішалку 10.

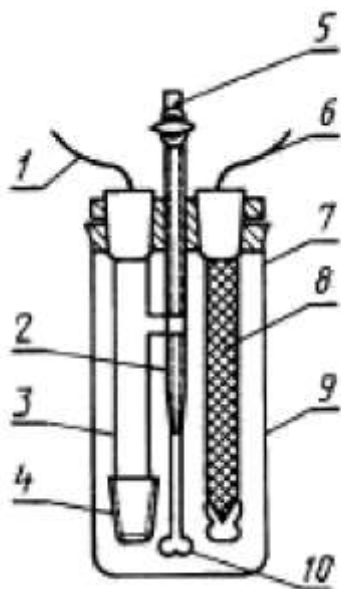


Рис. 1. Установка потенціометричного титрування [7]: 1 – провід для електрода порівняння; 2 – подовжений кінець бюретки (перед мішалкою); 3 – електрод порівняння; 4 – трубка із скляним штифтом; 5 – бюретка; 6 – екранований провід для скляного електрода; 7 – кришка; 8 – скляний електрод; 9 – стакан; 10 – мішалка.

Щоденно для кожної пари електродів визначаються показники приладу в неводному лужному розчині. Це необхідно для вибору кінцевої точки титрування у випадку, коли на кривій титрування будуть відсутні чіткі точки перегину. Для цього електроди занурюються у неводний лужний буферний розчин, який перемішують на протязі 5 хвилин, підтримуючи температуру у межах 2°C від температури, при якій буде виконуватись титрування. Реєструються показники потенціалу електродів, які приймають як кінцеві точки на кривих титрування, що не мають точок перегину.

Для приготування неводного буферного розчину до 100 мл розчинника (толуолу) додається 10 мл буферного розчину і

перемішується впродовж години. Для приготування буферного розчину ретельно зважується 27,8 г м-нітрофенолу і переноситься в мірну колбу місткістю 1л, яка містить 100 мл безводного ізопропанолу. Далі із мірного циліндра місткістю 500 мл при безперервному перемішуванні додається в колбу 25 мл 0,1 моль/дм³ розчину гідроксиду калію. Доливається до мітки 1 л ізопропанолом і ретельно перемішується.

Визначення лужності біодизеля відбувається наступним чином. У стакан для титрування місткістю 250 см³ відбирається маса зразка згідно таблиці і розчиняється в 125 см³ розчинника для титрування, який готують шляхом змішування 500 см³ толуолу, 5 см³ води і 495 см³ ізопропанолу.

Маса проби для дослідження.

Лужне число, мг КОН на 100 г продукту	Маса проби для визначення, г	Похибка зважування, г
0,05-1,0	20,0 ± 2,0	0,10
1,0-5,0	5,0 ± 0,5	0,05
5-20	1,0 ± 0,1	0,005
20-100	0,25 ± 0,02	0,001
100-250	0,1 ± 0,01	0,0005

Електроди перед кожним титрування на 5 хв поміщаються в дистильовану воду, після чого насухо протираються сухою тканиною. Стакан встановлюється на титрувальний стенд, регулюючи його положення так, щоб електроди наполовину були зануреними у розчин. Включається мішалка, її оберти регулюються так, щоб незважаючи на енергійне перемішування, розчин не розбризкувався і в ньому не утворювались повітряні бульбашки.

Заповнюється бюретка порцією 0,1 моль/дм³ спиртовим розчином соляної кислоти, яка встановлюється на штативі, який розміщується так, щоб кінець бюретки на 25 мм був опущений в рідину в стакані. Далі відбувається власне титрування. Титрант додається у невеликих порціях по 0,1 см³. Після кожної такої порції виконується вимірювання потенціалу, результати фіксуються. Після встановлення постійного потенціалу записується об'єм розчину, що додається із бюретки, і показання вимірювального приладу (якими є потенціал, що не змінюється протягом 1 хв більше, ніж на 5 мВ). На початку титрування, а також у точках перегину кривої титрування, коли додавання 0,1 моль/дм³ спиртового розчину соляної кислоти викликає зміну потенціалу більше, ніж на 30 мВ, додаються порції розчину по 0,05 см³. Титрування закінчується, коли потенціал після додавання 0,1 н. спиртового розчину соляної кислоти змінюється менше, ніж на 5 мВ.

Видаляється розчин, що титрується, промиваються електроди й кінець бюретки толуолом, потім ізопропанолом, а закінчується промивання дистильованою водою. Перед наступним титруванням для відновлення водного гелевого шару скляного електрода він занурюється дистильовану воду не менш ніж 5 хв.

Після проведення дослідів наносяться на графік об'єми 0,1 моль/дм³ спиртового розчину соляної кислоти, що додаються при титруванні, і ЕРС, визначену аналізатором іонів АІ-123 (рис. 2).

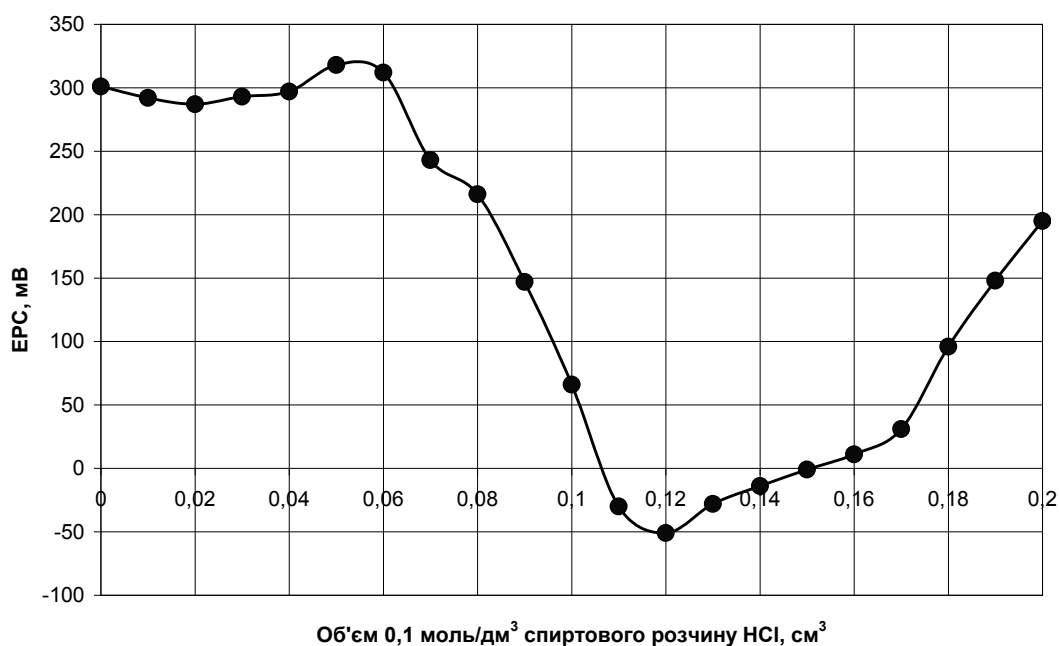


Рис. 2. Крива потенціометричного титрування зразка біодизеля, виготовленого при співвідношенні метанолу до гідроксиду калію як 10 до 0,7.

Індикація точки еквівалентності проводиться за різкого стрибка величини вимірюваної ЕРС (найменше значення), яка змінюється завдяки зміні рівноважного потенціалу індикаторного (робочого) електрода ($E_{роб}$) в результаті хімічної реакції за участю зразка біодизеля. В даному випадку точка еквівалентності відповідає $ЕРС = -51$ мВ, яка отримується при додаванні до розчину біодизеля об'єму $V_1 = 0,12$ см³ 0,1 моль/дм³ спиртового розчину HCl. Для кожної серії зразків проводиться контрольний дослід, при якому титрується 125 см³ розчинника порціями 0,05 см³ соляної кислоти. Фіксуються найменше значення ЕРС та об'єм титрувального розчину, що йому відповідає (рис. 3). Точка еквівалентності контрольного дослідів потенціометричного титрування відповідає $ЕРС = 249$ мВ, яка отримується при додаванні до розчинника об'єму $V_0 = 0,013$ см³ 0,1 моль/дм³ спиртового розчину HCl. Концентрація розчину соляної

кислоти с становить $0,1 \text{ моль/дм}^3$. Маса продукту, що аналізується m , становить $21,1162 \text{ г}$.

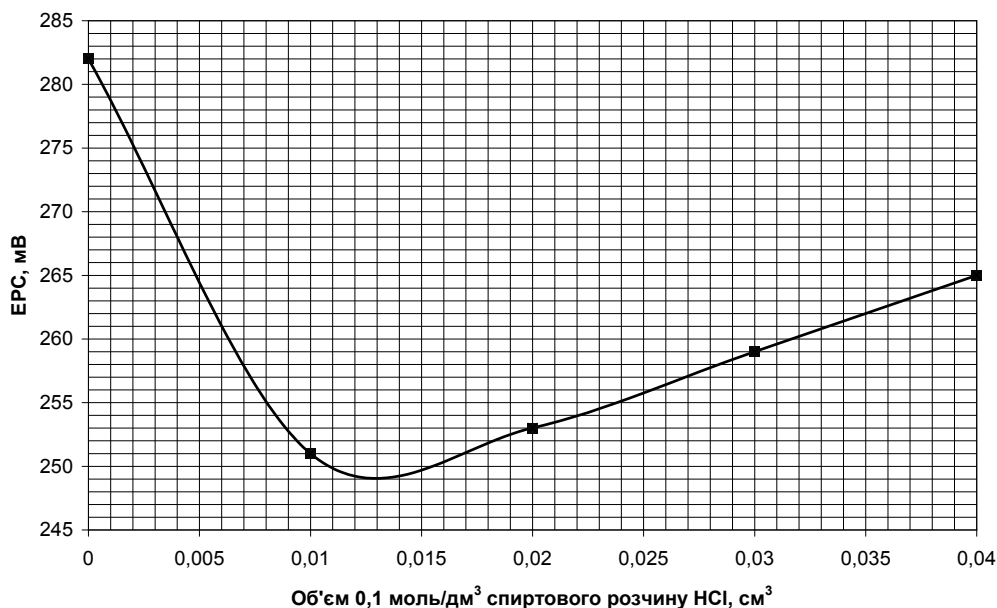


Рис. 3. Крива контрольного дослідження потенціометричного титрування.

Тому за формулою (1) лужне число біодизеля, виготовленого при співвідношенні метанолу до гідроксиду калію як 10 до 0,7, становить:

$$L = \frac{56,1 \cdot 0,1 \cdot (0,12 - 0,013)}{21,1162} = 0,0362 \text{ мг/г.}$$

Отримане значення лужності біодизеля порівнюється із допустимим значенням лужності біодизеля, зазначеним в німецькому стандарті на біодизель DIN 51606 [6], яке не повинне перевищувати 5 мг/кг , і приймається рішення про очищення біодизеля від залишків лужного каталізатора.

Висновки

1. Лужний каталізатор в біодизелі викликають корозію двигунів, тому його необхідно видаляти. Більшістю стандартів на біодизель нормується не концентрацію в ньому лугів, а вміст лужних металів, який визначається на атомно-абсорбційних спектрометрах. Однак їх вартість яких перевищує 100 тис. грн., тому дані дослідження є надзвичайно дорогими. Разом із тим, лужні метали викликають корозію лише в сполучі з гідроксильною групою OH, тобто в вигляді лугів. Значення лужності біодизеля нормується в стандарті DIN 51606.

2. Для визначення лужності біодизеля застосовується метод потенціометричного титрування, при якому індикація точки еквівалентності проводиться за різкого стрибка величини вимірюваної

ЕРС. При цьому в якості робочого застосовується скляний електрод, в якості електрода порівняння – хлорсрібний. Лужність біодизеля розраховується за відомими концентрацією розчину соляної кислоти, яка застосовується для титрування, різницею об'ємів титрантів для зразка біодизеля і контрольного зразка, маси зразка біодизеля, і порівнюється із стандартним значенням лужності біодизеля, який не повинен перевищувати 5 мг/кг.

3. Вартість обладнання для визначення лужності біодизеля більш ніж в 20 разів нижча, порівняно із обладнанням для визначення вмісту лужних металів.

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., 2011. – Вип. 166, ч. 2. – С. 67–72.
2. Поліщук В.М. Застосування біопалив для дизельних двигунів / В.М. Поліщук, С.В. Драгнєв, І.І. Убоженко, М.Ю. Павленко, О.В. Поліщук // Науковий вісник Національного аграрного університету. – К., 2008. – Вип. 125. – С. 315–319.
3. EN 14214:2012: Liquid petroleum products - Fatty acid methyl esters (FAME) for use in diesel engines and heating applications - Requirements and test methods – [Valid from 2012-08-29]. – Catalogue on-line №9, 2012. – 20 p. – (European standard).
4. Ефіри метилові жирних кислот олій і жирів для дизельних двигунів. Технічні вимоги: ДСТУ 6081:2009. – [Дійсний від 2009-01-20]. – К.: Держспоживстандарт України, 2009. – 12 с. – (Національний стандарт України).
5. ASTM D 6751-02 Standard Specification for Biodiesel Fuel Blend Stock (B100) for Middle Distillate Fuels.
6. Biodiesel Standards/ [Електронний ресурс] / Biodiesel-fuel.co.uk. 12/11/2012 // Режим доступу до журн.: <http://www.biodiesel-fuel.co.uk/biodiesel-standards/612>.
7. ГОСТ 11362-96: Нефтепродукты и смазочные материалы. Число нейтрализации. Метод потенциометрического титрования. – [Действителен от 1996-06-01]. – М.: Стандартиформ. – 18 с. – (Межгосударственный стандарт).

Приведена методика потенциометрического титрования, адаптированная к определению щелочности биодизеля. Рассмотрены технические средства для проведения потенциометрического титрования биодизеля.

Биодизель, щелочность, потенциометрическое титрования, рабочий электрод, электрод сравнения, рН-метр.

The above method of potentiometric titration adapted to determine alkalinity biodiesel. Considered hardware for the potentiometric titration of biodiesel.

Biodiesel, alkalinity, potentiometric titration, working electrode, reference electrode, pH-meter.

ФУНКЦІОНАЛЬНА ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМУ ПУСКУ МОЛОТИЛЬНОГО БАРАБАНА ЗЕРНОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА

***В.С. Ловейкін, доктор технічних наук
А.П. Сачик, аспірант****

Представлені результати досліджень по зниженню динамічних навантажень в приводі молотильного барабана зернозбирального комбайна шляхом вибору оптимального режиму руху на обох етапах пуску. Визначено найбільш сприятливі закони зміни рушійного моменту та внутрішнього моменту в пружному елементі приводу, які забезпечують відсутність коливань в елементах приводного механізму молотильного барабана в процесі пуску.

Привод, молотильний барабан, рушійний момент, внутрішній момент, оптимізація.

Постановка проблеми. При роботі, комбайн сприймає змінні зовнішні навантаження. Технологічний процес роботи комбайна залежить від багатьох факторів: біологічних особливостей культури, яку збирають; рельєфа поля; кваліфікації комбайнера, а також і від конструктивних особливостей самого комбайна. Інколи на одному і тому ж полі змінюється врожайність, а, як наслідок змінюється, подача хлібної маси.

При зміні цих факторів комбайнер повинен забезпечувати оптимальну швидкість руху молотильного барабана. При пуску та при переході на різні швидкості вимолоту молотильного барабана виникають значні коливання, як барабана так і приводного механізму. Ці коливання приводять до виникнення значних динамічних навантажень, що діють на привод, конструкцію барабана і підшипники. Це призводить до зниження надійності роботи молотильного барабана, а також збільшення енергетичних витрат.

Аналіз останніх досліджень. Дослідженню динаміки молотильного барабана зернозбирального комбайна свої роботи посвятили Алферов С.А. [1], Грек А.І [5]. У своїй роботі «Исследование динамики привода зерноуборочного комбайна» [1] Алферов дослідив випадки розгону, вибігу, забивання і нормальної роботи молотильного барабана та рівняння руху молотильного барабана.

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

© В.С. Ловейкін, А.П. Сачик, 2014

У роботі 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. Отриманий момент інерції є функціонально залежним від типу приводу, двигуна, конструктивних особливостей і характеру подачі хлібної маси.

А.І. Грек у своїй роботі «Вопросы обмолота» експериментально дослідив динаміку молотильного апарату та процесу обмолоту. Отримав динамічні параметри (витрата потужності на обмолот, силу тиску і опору підбивки, швидкість руху маси) і порівняв їх з теоретичними.

Проте не було досліджено вплив роботи приводу молотильного барабана на його динаміку.

Мета досліджень – оптимізація режиму пуску молотильного барабана зернозбирального комбайна.

Результати досліджень. Для оптимізації режиму пуску молотильного барабана зернозбирального комбайна використаємо двомасову модель (рис. 1), яка з достатньою точністю відображає динамічні процеси пуску молотильного барабана.

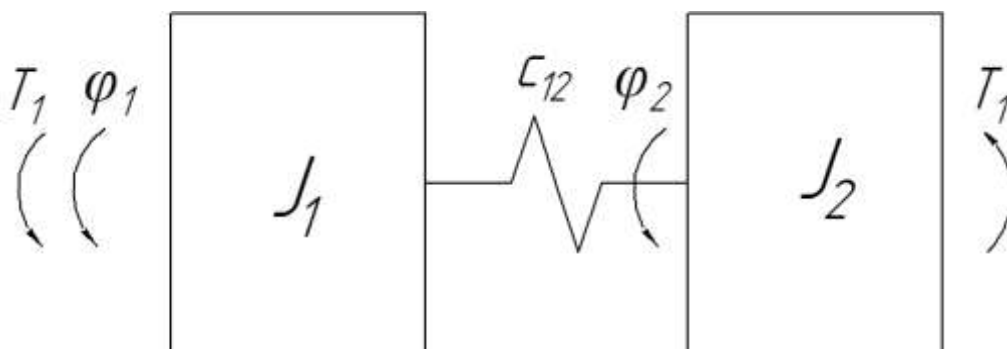


Рис. 1. Двомасова динамічна модель приводу молотильного барабана зернозбирального комбайна.

У цій моделі прийняті такі позначення: J_1 , J_2 – зведені до осі повороту молотильного барабана моменти інерції відповідного приводного механізму та молотильного барабана; C_{12} – зведена до осі повороту молотильного барабана жорсткість приводного механізму; T_1 – рушійний момент приводного двигуна зведений до осі повороту барабана; T_2 – сумарний момент сил статичного опору на молотильному барабані відносно осі його обертання; φ_1 , φ_2 – кутові координати повороту першої та другої зведених мас.

Процес пуску молотильного барабана у відповідності з прийнятою динамічною моделлю здійснюється в два етапи. На першому етапі в рух приводиться лише перша маса. Причому рух

цієї маси здійснюється до моменту часу, поки внутрішній момент T_{12} в пружному елементі не стане рівним зовнішньому моменту T_2 , тобто $T_{12} = T_2$. З цього моменту часу настає другий етап пуску, на якому в рух приводяться обидві маси і здійснюється він до моменту часу, поки кутова швидкість другої приведеної маси не досягне свого уставленого значення ω_y .

Розглянемо процес оптимізації режиму пуску молотильного барабана на кожному з розглянутих етапів окремо.

Перший етап. На цьому етапі рівняння руху першої маси має вигляд:

$$J_1 \cdot \ddot{\varphi}_1 = T_1 - T_{12}, \quad (1)$$

де $T_{12} = C_{12} \cdot \varphi_1$ – внутрішнє зусилля в пружному елементі приводу.

Оскільки на першому етапі пуску зусилля $T_{12} \leq T_2$, то визначимо найбільш сприятливий закон зміни рушійного моменту приводу. Згідно з рівнянням (1) цей момент визначається залежністю:

$$T_1 = J_1 \cdot \ddot{\varphi}_1 + C_{12} \cdot \varphi_1. \quad (2)$$

Визначимо на цьому етапі пуску такий закон руху першої маси, який забезпечує мінімальне середньоквадратичне значення рушійного моменту двигуна:

$$T_{1cp} = \left[\frac{1}{t_1} \int_0^{t_1} T_1^2 dt \right]^{1/2}, \quad (3)$$

де t – час; t_1 – тривалість першого етапу пуску.

З урахуванням залежності (2) вираз критерію оптимальності першого етапу пуску (3) приймає вигляд:

$$T_{1cp} = \left[\frac{1}{t_1} \int_0^{t_1} (J_1 \cdot \ddot{\varphi}_1 + C_{12} \cdot \varphi_1)^2 dt \right]^{1/2}. \quad (4)$$

Умовою мінімуму критерію (4), який являє собою інтегральний функціонал, є рівняння Пуассона [7]:

$$\frac{\partial F}{\partial \varphi_1} - \frac{d}{dt} \cdot \frac{\partial F}{\partial \dot{\varphi}_1} + \frac{d^2}{dt^2} \cdot \frac{\partial F}{\partial \ddot{\varphi}_1} = 0, \quad (5)$$

де F – підінтегральна функція критерію (4).

Після підстановки підінтегрального виразу критерію (4) у рівняння (5) будемо мати:

$$IV \quad \varphi_1 + 2 \cdot K_1^2 \cdot \ddot{\varphi}_1 + K_1^4 \cdot \varphi_1 = 0. \quad (6)$$

Тут $K_1 = \sqrt{C_{12}/J_1}$ – частота власних коливань першої маси.

У результаті розв'язку диференціального рівняння (6) отримуємо:

$$\begin{aligned}\varphi_1 &= (A_1 + A_2 \cdot t) \cdot \sin K_1 t + (A_3 + A_4 \cdot t) \cdot \cos K_1 t; \\ \dot{\varphi}_1 &= [A_2 - K_1 \cdot (A_3 + A_4 \cdot t)] \cdot K_1 \sin K_1 t + [A_4 + K_1 \cdot (A_3 + A_4 \cdot t)] \cdot K_1 \cos K_1 t; \\ \ddot{\varphi}_1 &= [2A_2 - K_1 \cdot (A_3 + A_4 \cdot t)] \cdot K_1 \cos K_1 t - [2A_4 + K_1 \cdot (A_3 + A_4 \cdot t)] \cdot K_1 \sin K_1 t,\end{aligned}\quad (7)$$

де A_1, A_2, A_3, A_4 – постійні інтегрування, які визначаються з крайових умов руху.

Розглянемо процес пуску першої маси. Цей процес починається в момент часу $t=0$, коли координата першої маси, її швидкість та рушійний момент на приводному валу дорівнюють нулю, тобто $\varphi_1 = 0, \dot{\varphi}_1 = 0, T_1 = 0$. Остання умова з урахуванням залежності (2) рівноцінна умові $\ddot{\varphi}_1 = 0$. Закінчується перший етап пуску першої маси в момент часу $t=t_1$, коли внутрішнє зусилля в пружному елементі приводу $T_{12} = C_{12} \cdot \varphi_1 = T_2$. Звідки знаходимо, що в момент часу $t=t_1, \varphi_1 = T_2 / C_{12}$.

Для цих крайових умов руху постійні інтегрування виражаються залежностями:

$$A_1 = \frac{T_2}{C_{12}(\sin K_1 t_1 - K_1 t_1 \cos K_1 t_1)}; A_2 = A_3 = 0; A_4 = -A_1 K_1. \quad (8)$$

Після підстановки виразів (8) у залежності (7), а останні в рівняння (2) отримаємо закон зміни рушійного моменту на приводному валу, який забезпечує мінімізацію його середньоквадратичного значення:

$$T_1 = \frac{2T_2 \sin K_1 t}{\sin K_1 t - K_1 t \cos K_1 t}. \quad (9)$$

В залежності (9) невідомим є момент часу t_1 , коли закінчується перший етап пуску. Будемо вважати, що в кінці першого етапу пуску рушійний момент T_1 досягає свого максимального значення, тобто $T_1 = T_m$. Для приводного механізму, наприклад, який має в своєму складі фрикційну муфту це означає, що в кінці першого етапу пуску досягається повне зчеплення напівмуфт. Виходячи з цієї умови отримаємо рівняння:

$$T_m = \frac{2T_2 \sin K_1 t}{\sin K_1 t - K_1 t \cos K_1 t}. \quad (10)$$

Розділивши чисельник і знаменник правої частини рівняння (10) на $\sin K_1 t_1$ і зробивши заміну $\sin K_1 t_1 = \psi_1$, отримаємо рівняння:

$$\psi_1 \operatorname{ctg} \psi_1 - 2T_2 / T_m. \quad (11)$$

Рівняння (11) може бути розв'язане тільки чисельним методом. У результаті розв'язку цього рівняння знайдемо ψ_1 , з якого визначимо тривалість першого етапу пуску:

$$t_1 = \psi_1 / K_1. \quad (12)$$

Другий етап. Після закінчення першого етапу пуску починається другий етап, на якому вводиться в рух друга приведена маса. Диференціальні рівняння обох мас на цьому етапі мають вигляд:

$$\begin{cases} J_1 \ddot{\phi}_1 = T_1 - T_{12}; \\ J_2 \ddot{\phi}_2 = T_{12} - T_2. \end{cases} \quad (13)$$

З другого рівняння системи (13) визначимо внутрішній момент у пружному елементі:

$$T_{12} = J_2 \ddot{\phi}_{12} + T_2. \quad (14)$$

Визначимо на другому етапі пуску такий режим, який забезпечує мінімальне середньоквадратичне значення внутрішнього моменту в пружному елементі за час пуску:

$$T_{12cp} = \left[\frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} T_{12}^2 dt \right]^{\frac{1}{2}}, \quad (15)$$

де t_2 – момент часу закінчення другого етапу пуску.

З урахуванням залежності (14) вираз критерію оптимальності другого етапу пуску (15) виражається інтегральним функціоналом виду:

$$T_{12cp} = \left[\frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} (J_2 \ddot{\phi}_2 + T_2)^2 dt \right]^{\frac{1}{2}}. \quad (16)$$

Умовою мінімуму цього критерію є рівняння Пуассона (5), в яких функція F замінена на підінтегральний вираз функціоналу (16), а координата ϕ_1 на ϕ_2 та її похідні. У результаті цих заміन отримаємо диференціальне рівняння $\phi_2^{IV} = 0$, після інтегрування якого будемо мати:

$$\begin{aligned} \ddot{\phi}_2 &= B_1; \\ \dot{\phi}_2 &= B_1(t - t_1) + B_2; \\ \phi_2 &= \frac{1}{2} B_1(t - t_1)^2 + B_2(t - t_1) + B_3; \\ \phi_2 &= \frac{1}{6} B_1(t - t_1)^3 + B_2(t - t_1)^2 + B_3(t - t_1) + B_4, \end{aligned} \quad (17)$$

де B_1, B_2, B_3, B_4 – постійні інтегрування, які визначаються з крайових умов другого етапу пуску.

На другому етапі пуску в рух приводиться друга маса. Починається етап пуску з моменту часу $t=t_1$, коли $\phi_2 = 0, \dot{\phi}_2 = 0$. Закінчується цей етап в момент часу $t=t_2$, коли кутова швидкість другої маси досягне усталеного значення, тобто $\dot{\phi}_2 = \omega_y$, при якому $\ddot{\phi}_2 = 0$.

Для цих крайових умов постійні інтегрування визначаються залежностями:

$$B_1 = -2 \frac{\omega_y}{(t_2 - t_1)^2}; B_2 = 2 \frac{\omega_y}{t_2 - t_1}; B_3 = B_4 = 0. \quad (18)$$

Після підстановки постійних інтегрування в друге рівняння системи (17) отримаємо залежність прискорення другої маси від часу на другому етапі пуску:

$$\ddot{\varphi}_2 = 2 \frac{\omega_y}{t_2 - t_1} \left(1 - \frac{t - t_1}{t_2 - t_1} \right). \quad (19)$$

За допомогою залежностей (14) і (19) визначимо закон зміни внутрішнього моменту в пружному елементі на другому етапі пуску, який забезпечує мінімізацію його середньоквадратичного значення:

$$T_{12} = 2J_2 \frac{\omega_y}{t_2 - t_1} \left(1 - \frac{t - t_1}{t_2 - t_1} \right) + T_2. \quad (20)$$

З другого рівняння системи (13), з урахуванням того, що $T_{12} = C_{12}(\varphi_1 - \varphi_2)$, визначимо координату першої маси та її похідні:

$$\begin{aligned} \varphi_1 &= \varphi_2 + \frac{J_2}{C_{12}} \ddot{\varphi}_2 + \frac{T_2}{C_{12}}; \\ \dot{\varphi}_1 &= \dot{\varphi}_2 + \frac{J_2}{C_{12}} \ddot{\varphi}_2; \\ \ddot{\varphi}_1 &= \ddot{\varphi}_2 + \frac{J_2}{C_{12}} \ddot{\varphi}_2. \end{aligned} \quad (21)$$

Оскільки для розглянутого оптимального закону руху на другому етапі пуску $\varphi_2^{IV} = 0$, то виходячи з останньої залежності (21), отримуємо, що $\ddot{\varphi}_1 = \ddot{\varphi}_2$. підставивши в перше рівняння системи (13) залежності (19) і (20), знайдемо закон рушійного моменту, який забезпечує оптимальний закон руху на другому етапі пуску:

$$T_1 = 2(J_1 + J_2) \frac{\omega_y}{t_2 - t_1} \left(1 - \frac{t - t_1}{t_2 - t_1} \right) + T_2 \quad (22)$$

У залежності (22) невідомою є величина моменту часу закінчення процесу пуску t_2 . Визначимо цю величину з умови, що на початку другого етапу пуску, коли $t=t_1$, а $T_1=T_m$. В результаті чого маємо:

$$t_2 = t_1 + 2 \frac{J_1 + J_2}{T_m - T_2} \omega_y. \quad (23)$$

Для приводного механізму молотильного барабана з параметрами: $J_1=31,5 \text{ кгм}^2$; $J_2=5,22 \text{ кгм}^2$; $T_m=304,5 \text{ Нм}$; $T_2=136,2 \text{ Нм}$; $C_{12}=6000 \text{ Нм/рад}$; $\omega_y=85,7 \text{ рад/с}$, з рівняння (11) чисельним методом визначимо параметр $\psi_1=1,5$, а за формулами (12) та (23) тривалості першого та другого етапів $t_1=0,27 \text{ с}$, $t_2=37,36 \text{ с}$.

За допомогою залежностей (9) та (22) побудовано графік зміни рушійного моменту впродовж всього періоду пуску (рис. 2), який забезпечує оптимальні режими руху на першому та другому етапах пуску, а також графіки зміни внутрішнього моменту в пружному елементі на двох стадіях пуску (рис. 3).

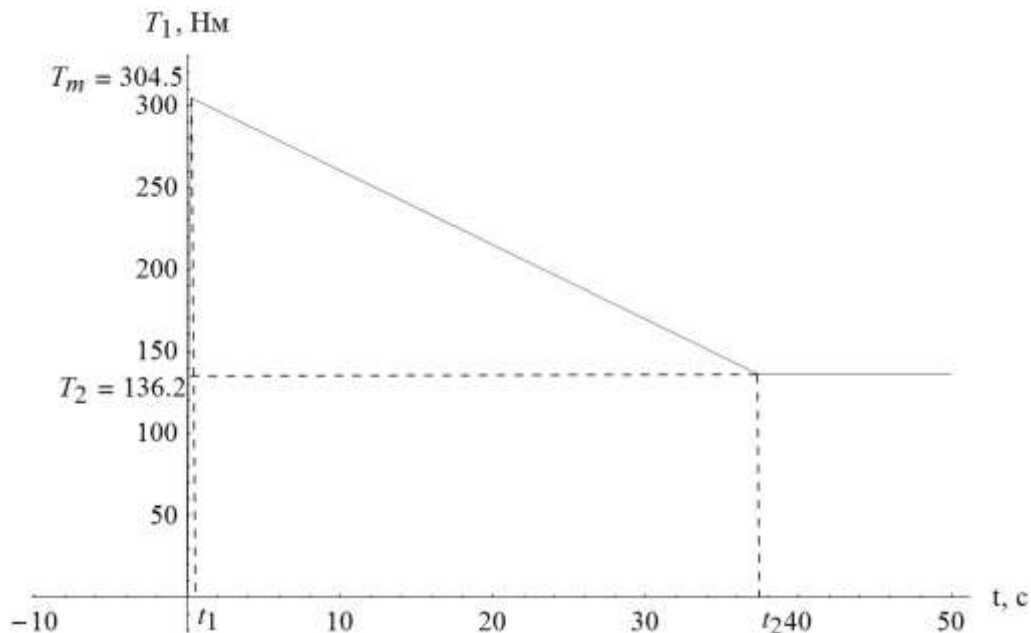


Рис. 2. Графік зміни рушійного моменту приводу. T_1 – рушійний момент приводу; T_m – максимальне значення рушійного моменту; T_2 – сумарний момент сил статичного опору на молотильному барабані; t_1 – тривалість першого етапу пуску; t_2 – тривалість другого етапу пуску.

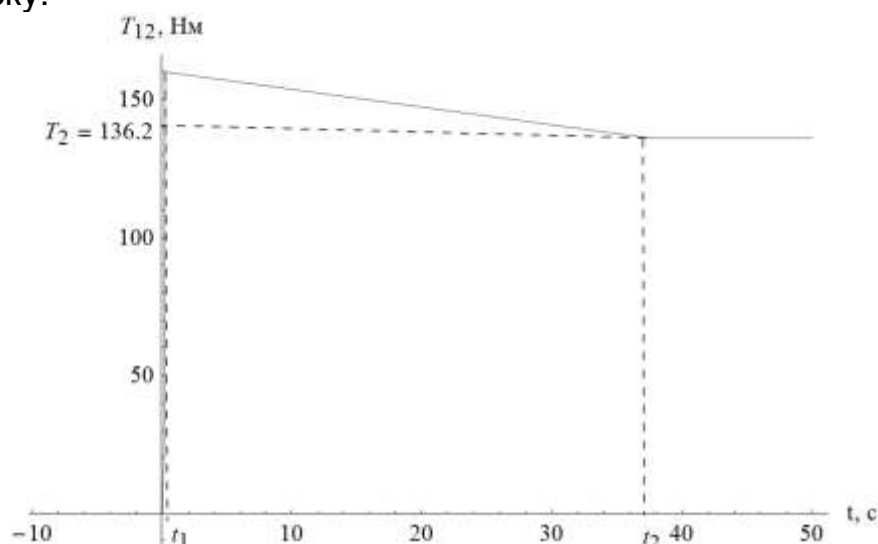


Рис. 3. Графік зміни внутрішнього моменту в пружному елементі T_{12} – внутрішній момент в пружному елементі; T_2 – сумарний момент сил статичного опору на молотильному барабані; t_1 – тривалість першого етапу пуску; t_2 – тривалість другого етапу пуску.

Аналіз наведених графіків показує, що в запропонованих оптимальних режимах руху на обох ділянках пуску відсутні коливальні процеси як рушійного моменту приводу (рис. 2), так і внутрішнього моменту в пружному елементі (рис. 3). Це дозволяє значно зменшити динамічні навантаження, як у приводному механізмі, так і у молотильному барабані в 1,9 рази в порівнянні з пуском молотильного барабана у звичайному режимі. І, як наслідок, приводить до підвищення продуктивності та якості обмолоту, а також надійності і довговічності приводного механізму.

Висновки

1. Отримано закон зміни рушійного моменту, а також закон зміни внутрішнього моменту в пружному елементі, які забезпечують на обох ділянках пуску відсутність коливань як рушійного моменту, так і внутрішнього моменту в пружному елементі.

2. Аналіз результатів на прикладі молотильного барабана комбайна КЗС-9 «Славутич» показав, що в запропонованих оптимальних режимах руху на обох ділянках пуску відсутні коливальні процеси рушійного моменту приводу і внутрішнього моменту в пружному елементі, що дозволяє у 1,9 раз зменшити динамічні навантаження.

3. Одержані результати досліджень дають змогу при проектуванні приводів молотильно-сепаруючого пристрою вибрати такі режими пуску приводу, які забезпечують ефективне зменшення динамічних навантажень, і, таким чином, підвищують надійність та довговічність роботи в цілому.

Список літератури

1. Алфerez С.А. Исследование динамики привода зерноуборочного комбайна / С.А. Алфerez // Земледельческая механика. – М., 1966. – Т. IX. – С. 4.
2. Кожевников С.Н. Динамика нестационарных процессов в машинах / С.Н. Кожевников. – К.: Наукова думка, 1986. – 288 с.
3. Краснов М.А. Вариационное исчисление / Краснов М.А., Макаренко Г.И., Киселев А.И. – М.: Наука, 1973. – 191 с.
4. Липкович Э.И. Процессы обмолота и сепарации в молотильных аппаратах зерноуборочных комбайнов / Э.И. Липкович. – Зерноград: Наука, 1973. – 166 с.
5. Грек А.И. Вопросы обмолота / А.И. Грек. – Владивосток: Мир, 1970. – 204 с.
6. Збігнев К. Визначення масового моменту барабана зернозбирального комбайна / К. Збігнев, З. Томаш // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. – К., 2011. – Вип. 144, ч. 2. – С. 22–30.
7. 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. – К., 2011. – Вип. 144, ч. 4. – С. 132–138.

Представлены результаты исследований по снижению динамических нагрузок в приводе молотильного барабана зерноуборочного комбайна путем выбора оптимального режима движения на обоих этапах пуска. Определены наиболее благоприятные законы изменения движущего момента и внутреннего момента в упругом элементе привода, обеспечивающих отсутствие колебаний в элементах приводного механизма молотильного барабана в процессе пуска.

Привод, молотильный барабан, движущий момент, внутренний момент, оптимизация.

The results of research on reduction of dynamic loads in threshing drum drive of combine harvester by selecting optimal starting mode in both period of start-up are conducted. The most favorable laws of variation motive moment and internal moment in resilient member of driver, which are ensure lack of oscillation in drive member of mechanism in threshing drum during start-up.

Drive, threshing drum, motive moment, internal moment, optimization.

УДК 631.356.42

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ОЧИСНИКА ВОРОХУ КОРЕНЕПЛОДІВ

В.В. Теслюк, доктор сільськогосподарських наук

У статті наведено одержані результати експериментальних досліджень кількості пройдених коренеплодів до відминальних вальців через зазор між шнеком і робочою гілкою подавального транспортера комбінованого очисника вороху коренеплодів.

Очисник вороху коренеплодів, коренеплоди, шнек, відминальні вальці, діаметр, кутова швидкість обертання.

Постановка проблеми. Для забезпечення інтенсифікації технологічного процесу відокремлення вільних ґрунтових і рослинних домішок від коренеплодів кормових буряків, а також видалення залишків гички з головок коренеплодів методом відминання під час їх механізованого збирання на рівні винаходів

© В.В. Теслюк, 2014

Представлены результаты исследований по снижению динамических нагрузок в приводе молотильного барабана зерноуборочного комбайна путем выбора оптимального режима движения на обоих этапах пуска. Определены наиболее благоприятные законы изменения движущего момента и внутреннего момента в упругом элементе привода, обеспечивающих отсутствие колебаний в элементах приводного механизма молотильного барабана в процессе пуска.

Привод, молотильный барабан, движущий момент, внутренний момент, оптимизация.

The results of research on reduction of dynamic loads in threshing drum drive of combine harvester by selecting optimal starting mode in both period of start-up are conducted. The most favorable laws of variation motive moment and internal moment in resilient member of driver, which are ensure lack of oscillation in drive member of mechanism in threshing drum during start-up.

Drive, threshing drum, motive moment, internal moment, optimization.

УДК 631.356.42

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ОЧИСНИКА ВОРОХУ КОРЕНЕПЛОДІВ

В.В. Теслюк, доктор сільськогосподарських наук

У статті наведено одержані результати експериментальних досліджень кількості пройдених коренеплодів до відминальних вальців через зазор між шнеком і робочою гілкою подавального транспортера комбінованого очисника вороху коренеплодів.

Очисник вороху коренеплодів, коренеплоди, шнек, відминальні вальці, діаметр, кутова швидкість обертання.

Постановка проблеми. Для забезпечення інтенсифікації технологічного процесу відокремлення вільних ґрунтових і рослинних домішок від коренеплодів кормових буряків, а також видалення залишків гички з головок коренеплодів методом відминання під час їх механізованого збирання на рівні винаходів

© В.В. Теслюк, 2014

було розроблено конструктивно-компонувальну схему комбінованого очисника вороху викопаних коренеплодів [1, 2].

Особливість технологічного процесу роботи запропонованого очисника вороху коренеплодів (рис. 1) полягає у тому, що одночасно з процесом відокремлення вільних ґрунтових і вільних рослинних домішок від коренеплодів, яка відбувається за рахунок часткового просіювання дрібних домішок через зазори між прутками 2 подавального транспортера 2 та подальшого транспортування не просіяних домішок через зазор H_1 , який утворений між поверхнею робочої гілки транспортера 3 і шнеком 4 та через зазор, який утворений між поверхнею робочої гілки транспортера 3 і нижнім відминальним вальцем 6, відбувається технологічна операція видалення залишків гички з головок коренеплодів методом відминання вальцями 6, які обертаються назустріч один одному [3, 4]. Підвищення технологічної ефективності роботи коренезбиральних збиральних машин, яка полягає у подальшому зменшенні забрудненості вороху коренеплодів домішками є актуальною народногосподарською задачею. Ступінь відокремлення залишків гички на головках коренеплодів залежить у першу чергу від кількості коренеплодів, які будуть проходити під гвинтом через зазор H_1 і надходити в робочу зону відминальних вальців.

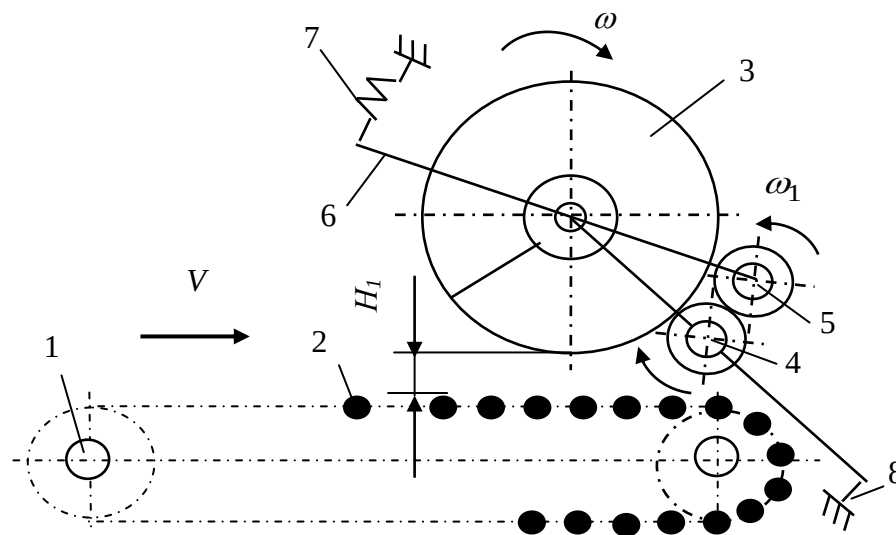


Рис. 1. Конструктивна схема комбінованого очисника вороху коренеплодів, вигляд збоку: 1 – подавальний транспортер; 2 – прутки; 3 – шнек; 4, 5 – відповідно, верхній і нижній відминальні вальці; 6 – важіль; 7 – пружина; 8 – упор.

Аналіз результатів отриманих експериментальних досліджень кількості пройдених коренеплодів до відминальних вальців дозволить оптимізувати раціональні конструктивно-кінематичні

параметри робочих органів очисника, за значень яких кількість пройдених коренеплодів до відминальних вальців буде максимально можливою з одночасним врахуванням інших показників якості його роботи.

Аналіз останніх досліджень. Проведені теоретичні та експериментальні дослідження [5-8] відносилися, як правило до встановлення характеру та закономірностей процесу контактної взаємодії коренеплодів з поверхнями робочих органів комбінованого очисника. Аналіз останніх публікацій показав, що питання дослідження кількості пройдених коренеплодів до відминальних вальців під час технологічного процесу роботи очисника не висвітлено, тобто ґрунтовні дослідження в даному напрямку відсутні, що і зумовило проведення таких експериментальних досліджень.

Мета досліджень – обґрунтування конструктивно-кінематичних параметрів робочих органів очисника на основі аналізу одержаних емпіричних закономірностей кількості пройдених коренеплодів під шнеком до відминальних вальців.

Результати досліджень. Ефективність технологічного процесу роботи комбінованого очисника вороху коренеплодів, окрім відокремлення вільних ґрунтових і рослинних домішок, також значно залежить від ступеня видалення та якості відминання залишків гички з головок коренеплодів кормових буряків. При цьому ступінь видалення залишків гички безпосередньо аргументується відповідною кількістю пройдених коренеплодів $K_n^{(i)}$ під шнеком 3 (рис. 1) через зазор H_1 до відминальних вальців 4, 5 комбінованого очисника вороху.

Для проведення експериментальних досліджень було виготовлено макетні дерев'яні зразки коренеплодів, діаметр яких становив $d_k = 50; 100; 150; 200$ (см). Під час проведення експериментів було демонтовано з установки відминальні вальці 4, 5 (рис. 1) демонтували. Кількість макетних зразків коренеплодів одного діаметра в досліді становила: діаметром 50 і 100 (см) – 20 штук, діаметром 150 і 200 (см) – 10 штук, а під час проведення змішаних дослідів модель вороху була в наступних пропорціях: 50 см – 5 штук; 100 см – 7 штук; 150 см – 6 штук; 200 см – 2 штуки.

Під час проведення змішаних дослідів кількісну пропорційність діаметра коренеплодів моделі вороху визначали виходячи з урожайності та розмірно-масових характеристик кормових буряків. Переміщення макетних зразків коренеплодів до шнека 3 здійснювалося транспортером 1, швидкість руху V якого становила 1,2-1,5-1,8 (м/с). Кутову швидкість шнека ω змінювали від 7,0 до 15,0 (рад/с), крок шнека T становив 0,5 і 0,7 (м). Значення радіального

зазору H_1 між шнеком та робочою гілкою подавального транспортера встановлювали рівною 0, 0,05; 0,1 (м).

На першому етапі дослідження параметра оптимізації, тобто кількості пройдених коренеплодів $K_n^{(i)}$ до відминальних вальців, провели відсіюючи експерименти для виявлення тих факторів, які суттєво не впливають на значення $K_n^{(i)}$, при цьому було встановлено, що діаметр гвинта D практично не вносить суттєвих змін на кількість пройдених коренеплодів $K_n^{(i)}$, коли висота витка шнека h більша за діаметр макетного зразка коренеплоду d_k , тобто $D - d \geq d_k$, де d – діаметр труби барабана шнека. Крім того було встановлено, що з збільшенням кількості заходів шнека z значення $K_n^{(i)}$ пропорційно зменшується. Тому подальші експерименти проводили при $D = 0,6$ м; $h = 0,2$ м і $z = 1$.

Для визначення впливу основних факторів на кількість пройдених коренеплодів $K_n^{(i)}$ до відминальних вальців провели повнофакторний експеримент типу ПФЕ 2^4 , тобто 4-х факторний експеримент на двох рівнях варіювання факторами, при цьому вхідними змінними факторами приймали: швидкість руху подавального транспортера V , який кодували індексом x_1 ; крок гвинта T , який кодували індексом x_2 ; радіальний зазор між шнеком і робочою гілкою подавального транспортера H_1 , який кодували індексом x_3 ; кутову швидкість шнека ω , яку кодували індексом x_4 . Характеристики факторів та їх рівні варіювання наведено у табл. 1.

1. Характеристика факторів та їх рівні варіювання.

Кодоване позначення фактора	Найменування фактора	Рівні фактора
x_1	Швидкість руху транспортера V , м/с	1,2-1,8
x_2	Крок шнека T , м	0,5-0,7
x_3	Зазор між шнеком і транспортером H_1 , м	0-0,1
x_4	Кутова швидкість шнека ω , рад/с	7,0-17,0

Функцію відгуку (параметр оптимізації), тобто кількість пройдених коренеплодів $K_n^{(i)}$ до відминальних вальців, визначених експериментальним шляхом, знаходили у вигляді математичної моделі повного квадратного полінома.

Коефіцієнти рівняння регресії квадратного полінома за результатами обробки експериментальних даних визначали за допомогою пакету прикладної комп'ютерної програми. Мінливість

функції оцінювали стандартним відхиленням, коефіцієнтом чисельної детермінації і кореляції. Адекватність моделі та значимість коефіцієнтів рівняння регресії встановлювали за F -критерієм Фішера та t -критерієм Ст'юдента. За результатами проведеного аналізу одержали кінцеві емпіричні рівняння регресії, які характеризують залежність кількості пройдених коренеплодів K_n до відминальних вальців від зміни чотирьох факторів для окремих конкретизованих величин діаметра коренеплодів:

$$K_n^{(50)} = -57,6 + 63,5V + 1,1H_1 + 10,2\omega - 11,6V^2 - 0,3VH_1 - 0,4\omega^2; \quad (1)$$

$$K_n^{(100)} = -190,8 + 174,2V + 0,9H_1 + 15,8\omega - 56,3V^2 + V\omega - 0,7\omega^2; \quad (2)$$

$$K_n^{(150)} = -91,6 + 100,3V + 0,5H_1 + 6,8\omega - 30,4V^2 - 0,3\omega^2; \quad (3)$$

$$K_n^{(200)} = -60,4 + 42V + 0,1H_1 + 7,4\omega - 12,2V^2 - 0,3\omega^2. \quad (4)$$

Аналіз рівнянь регресії (1-4) показує, що крок шнека T не впливає на значення кількості пройдених коренеплодів $K_n^{(i)}$ до відминальних вальців за відсутністю у них фактора T , тобто коефіцієнти рівнянь регресії при факторі T після перевірки їх значимості за t -критерієм Ст'юдента були не суттєвими і ними знехтували.

Згідно з рівняннями регресії (1-4) побудовано поверхню відгуку та двомірний переріз поверхні відгуку (рис. 2) залежності зміни кількості пройдених коренеплодів $K_n^{(i)}$ до відминальних вальців від швидкості руху транспортера V та кутової швидкості шнека ω у межах варіювання встановленими факторами $1,2 \leq V \leq 1,8$ (м/с), $7 \leq \omega \leq 15$ (рад/с) та значення радіального зазору $H_1 = 0,05$ м.

Аналіз графічних залежностей, які наведено на рис. 2 показує, що максимальне значення кількості пройдених коренеплодів $K_n^{(i)} = \max$ до відминальних вальців становить: для коренеплодів діаметром $d_k = 50$ мм – 84 %; для $d_k = 100$ мм – 52 %; для $d_k = 150$ мм – 30 %; $d_k = 200$ мм – 21 %.

Обґрунтування параметрів комбінованого очисника необхідно проводити із умови максимального значення кількості пройдених коренеплодів $K_n^{(i)}$ конкретизованого діаметра під шнеком до відминальних вальців, тому що від значення критерію $K_n^{(i)}$ прямо пропорційно залежить ступінь відокремлення залишків гички з головок коренеплодів, тобто ступінь зменшення загальних домішок вороху коренеплодів.

Зміна $K_n^{(i)}$ залежно від швидкості руху транспортера V та кутової швидкості шнека ω має наступний характер:
– для коренеплодів $d_k = 50$ мм: за збільшення V від 1,2 до 1,8 (м/с)

та кутової швидкості шнека у межах $7 \leq \omega \leq 13$ (рад/с) кількість пройдених коренеплодів $K_n^{(50)}$ монотонно зростає (рис. 2,а), а максимальне значення досягається за $V = 1,8$ м/с та $\omega \geq 10$ рад/с;

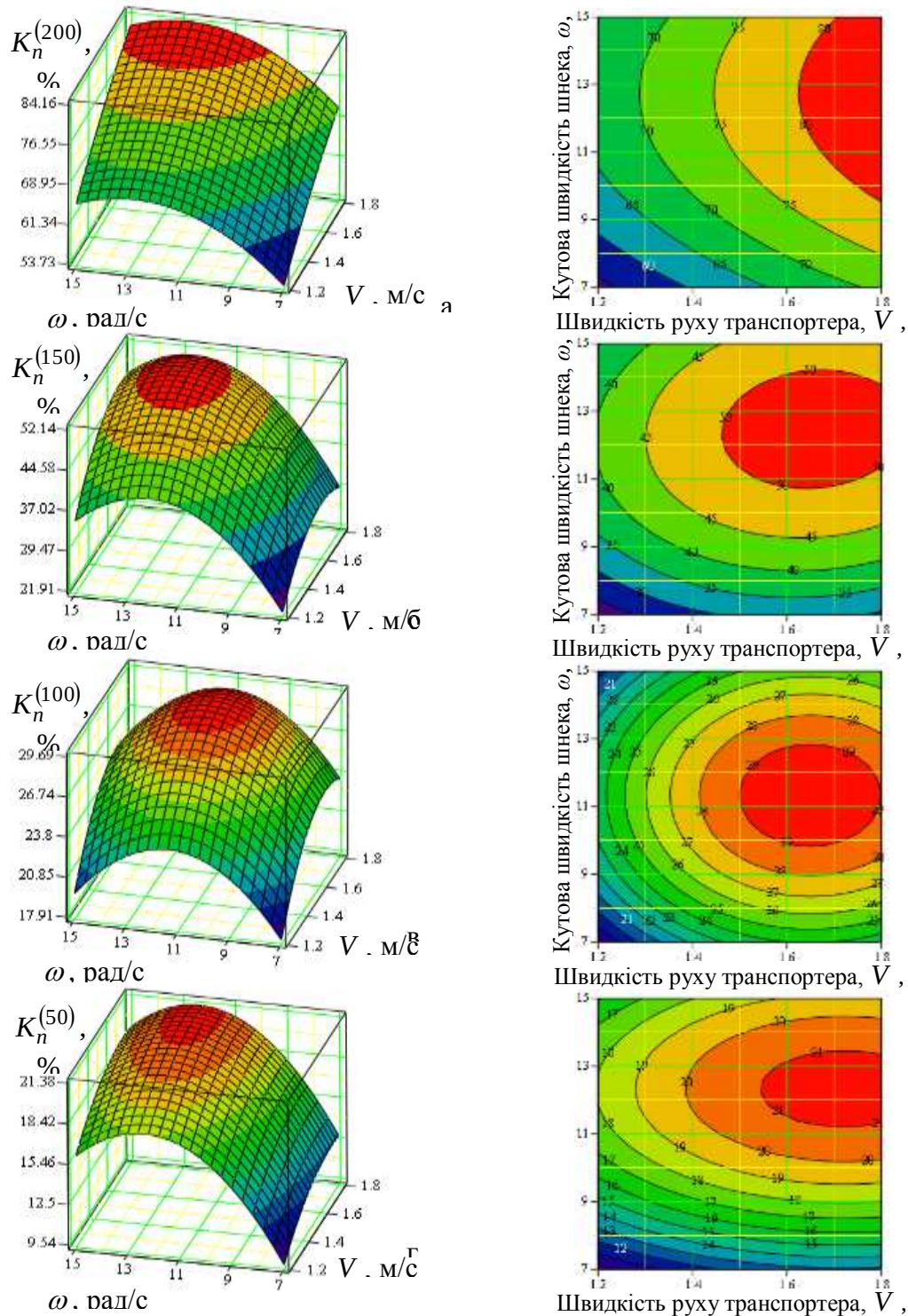


Рис. 2. Залежність кількості пройдених коренеплодів від швидкості руху транспортера V та кутової швидкості шнека ω при $H_1 = 0,05$ м: а, б, в, г – відповідно, для $d_k = 0,05; 0,1; 0,15; 0,2$ (м).

– для коренеплодів $d_k = 100, 150$ і 200 (мм): за збільшення швидкості руху транспортера у межах $1,2 \leq v \leq 1,6$ (м/с) та кутової швидкості шнека у межах $7 \leq \omega \leq 12$ (рад/с) кількість пройдених коренеплодів $K_n^{(100)}$ $K_n^{(150)}$ $K_n^{(200)}$ до відминальних вальців монотонно зростає (рис. 2б, в, г), а максимальне значення для відповідних конкретизованих значень діаметра коренеплодів досягається, відповідно, за $v \geq 1,5$ м/с та меж зміни $11 \leq \omega \leq 14$ рад/с (рис. 2б); за $v \geq 1,5$ м/с та меж зміни $10 \leq \omega \leq 13$ рад/с (рис. 2в); за $v \geq 1,55$ м/с та $11 \leq \omega \leq 13$ рад/с (рис. 2г). Подальше збільшення швидкості руху транспортера v та кутової швидкості шнека ω до максимальних значень призводить до зворотного характеру поведінки $K_n^{(i)}$ – кількість пройдених коренеплодів до відминальних вальців значно зменшується.

У результаті регресійного аналізу рівнянь (1-4) було встановлено, що параметр оптимізації усередненого діаметра коренеплодів приймає максимальне значення за швидкості руху транспортера $v = 1,6$ м/с, кроку гвинта $T = 0,5$ м, радіального зазору $H_1 = 0,1$ м, кутової швидкості гвинта $\omega = 12,0$ рад/с.

Висновок. Таким чином, одержані рівняння регресії (1-4) характеризують зміну кількості пройдених коренеплодів під шнеком до відминальних вальців залежно від основних конструктивно-кінематичних параметрів комбінованого очисника вороху коренеплодів і визначають їх раціональні значення за яких ступінь відокремлення залишків гички з головок коренеплодів буде приймати максимальні значення.

Список літератури

1. Дубровин В. Идентификация процесса разработки адаптированной корнеуборочной машины / Дубровин В., Голуб Г., Барановський В., Теслюк В. // MOTROL. Commission of motorization and energetics in agriculture. An international journal on operation of farm and agri-food industry machinery. – Lublin-Rzeszow, 2013. – Vol. 15. – № 3. – Р. 243–255.
2. Войтюк Д.Г. Обґрунтування технологічного процесу і параметрів комбінованого очисника вороху кормових буряків : монографія / Д.Г. Войтюк, А.Ю. Виговський, В.М. Барановський, В.В. Теслюк. – К.: Аграр Медіа Груп, 2013. – 226 с.
3. Барановський В.М. Напрямки вдосконалення технологічного процесу видалення залишків гички з головок коренеплодів / В.М. Барановський, В.Б. Онищенко, В.В. Теслюк // Міжвід. темат. наук. зб. Механізація та електрифікація сільського господарства. XIV міжн. наук.-техн. конф. «Сучасні проблеми землеробської механіки», присвячена пам'яті акад. П.М. Василенка. – Глеваха, 2013. – С. 207–213.
4. Барановський В.М. Транспортно-технологічні системи очисних робочих органів адаптованої коренезбиральної машини / В.М. Барановський // Сільськогосподарські машини. – Луцьк: ЛНТУ, 2013. – Вип. 24. – С. 18–28.

5. Гевко Р.Б. Викопувально-очисні пристрої бурякозбиральних машин: конструювання і розрахунок / Р.Б. Гевко. – Тернопіль: Збруч, 1997. – 120 с.
6. Барановський В.М. Вибір параметрів при конструюванні гвинтового конвеєра / Барановський В.М., Соломка В.О., Онищенко В.Б. // Вісник ХДТУСГ. – Х., 2001. – Вип. 8. “Підвищення надійності відновлюємих деталей машин”. – Т. 2. – С. 209–215.
7. Барановський В.М. Конструктивні та кінематичні параметри комбінованого очисника вороху коренеплодів / Барановський В.М., Войтюк Д.Г., Вигovskyкий А.Ю. // Вісник ТДТУ. – Тернопіль, 2002. – Т. 7, № 2. – С. 90–94.
8. Погорелый Л.В. Свеклоуборочные машины: история, конструкция, теория, прогноз / Л.В. Погорелый, М.В. Татьяна. – К.: Феникс, 2004. – 232 с.

В статье приведены полученные результаты экспериментальных исследований количества пройденных корнеплодов к отжимальным вальцам через зазор между шнеком и рабочей веткой подающего транспортера комбинированного очистителя вороху корнеплодов.

Очиститель вороху корнеплодов, корнеплоды, шнек, отжимальные вальцы, диаметр, угловая скорость обращения.

In paper the got results of experimental researches of amount of passed root crops are driven to extraction rollers through gap between screw and working branch of giving conveyer of combined purifier to lots of root crops.

Purifier to lots of root crops, root crops, screw, extraction rollers, diameter, angulator of appeal.

УДК 531.396, 534.014.4, 534.015.1

ДИНАМІЧНА МОДЕЛЬ РУХУ ГРЕЙФЕРА, ПІДВІШЕНОГО НА ГНУЧКОМУ ПІДВІСІ, ПРИ ПОВОРОТІ КРАНА

***В.С. Ловейкін, доктор технічних наук
Ю.В. Човнюк, кандидат технічних наук
П.В. Лимар, В.В. Мельниченко, магістри***

Обґрунтовано фізико-механічну модель, що описує можливі типи руху грейфера, підвішеного на гнучкому підвісі, при повороті крана. Для аналізу кінематичних і силових характеристик зазначеного руху використаний метод фазових портретів (класичного і більш високих порядків). Використання отриманих моделей кранів для оптимального управління рухом дозволяє значно підвищити їх продуктивність і надійність.

Модель, рух, вантаж, гнучкий підвіс, поворот, грейфер.

© В.С. Ловейкін, Ю.В. Човнюк, П.В. Лимар, В.В. Мельниченко, 2014

5. Гевко Р.Б. Викопувально-очисні пристрої бурякозбиральних машин: конструювання і розрахунок / Р.Б. Гевко. – Тернопіль: Збруч, 1997. – 120 с.
6. Барановський В.М. Вибір параметрів при конструюванні гвинтового конвеєра / Барановський В.М., Соломка В.О., Онищенко В.Б. // Вісник ХДТУСГ. – Х., 2001. – Вип. 8. “Підвищення надійності відновлюємих деталей машин”. – Т. 2. – С. 209–215.
7. Барановський В.М. Конструктивні та кінематичні параметри комбінованого очисника вороху коренеплодів / Барановський В.М., Войтюк Д.Г., Вигovskyкий А.Ю. // Вісник ТДТУ. – Тернопіль, 2002. – Т. 7, № 2. – С. 90–94.
8. Погорелый Л.В. Свеклоуборочные машины: история, конструкция, теория, прогноз / Л.В. Погорелый, М.В. Татьяна. – К.: Феникс, 2004. – 232 с.

В статье приведены полученные результаты экспериментальных исследований количества пройденных корнеплодов к отжимальным вальцам через зазор между шнеком и рабочей веткой подающего транспортера комбинированного очистителя вороху корнеплодов.

Очиститель вороху корнеплодов, корнеплоды, шнек, отжимальные вальцы, диаметр, угловая скорость обращения.

In paper the got results of experimental researches of amount of passed root crops are driven to extraction rollers through gap between screw and working branch of giving conveyer of combined purifier to lots of root crops.

Purifier to lots of root crops, root crops, screw, extraction rollers, diameter, angulator of appeal.

УДК 531.396, 534.014.4, 534.015.1

ДИНАМІЧНА МОДЕЛЬ РУХУ ГРЕЙФЕРА, ПІДВІШЕНОГО НА ГНУЧКОМУ ПІДВІСІ, ПРИ ПОВОРОТІ КРАНА

***В.С. Ловейкін, доктор технічних наук
Ю.В. Човнюк, кандидат технічних наук
П.В. Лимар, В.В. Мельниченко, магістри***

Обґрунтовано фізико-механічну модель, що описує можливі типи руху грейфера, підвішеного на гнучкому підвісі, при повороті крана. Для аналізу кінематичних і силових характеристик зазначеного руху використаний метод фазових портретів (класичного і більш високих порядків). Використання отриманих моделей кранів для оптимального управління рухом дозволяє значно підвищити їх продуктивність і надійність.

Модель, рух, вантаж, гнучкий підвіс, поворот, грейфер.

© В.С. Ловейкін, Ю.В. Човнюк, П.В. Лимар, В.В. Мельниченко, 2014

Постановка проблеми. Стан розвитку підйомно – транспортного обладнання потребує подальшого удосконалення математичних моделей технологічних процесів управління , продуктивності і точності позиціонування вантажу при повороті крана. Вирішення зазначених проблем вимагає додаткового динамічного аналізу руху вантажу на гнучкому підвісі в горизонтальній площині при рівноприскореному повороті крана. Також існує необхідність розрахунку власних коливань , які виникають при розгойдуванні вантажу уздовж переносного обертального руху стріловий системи крана. Розрахунковий аналіз механічної системи «стріла крана – грейфер» дає можливість для визначення динамічних навантажень на основні елементи несучої конструкції крана.

Однією з причин зменшення продуктивності і зниження надійності кранів з підвішеним грейфером є саме розгойдування вантажу на гнучкому підвісі (канаті). Для стрілових кранів найбільш характерним є розгойдування захвату з вантажем при повороті його стріли. Крім дії відцентрової сили, сили Коріоліса, що виникають при повороті стріли крана, на вантаж також діє і сила інерції, через яку кут відхилення каната від вертикалі максимальний при пуску/зупинці механізму повороту крана. Вантаж здійснює коливання, що представляють собою складний просторовий рух.

Для зменшення коливань можна збільшити час перехідних процесів, однак це збільшує час робочого циклу, що в свою чергу знижує продуктивність механізму, але підвищує його надійність. В даний час застосовують електропривод з мехатронною інформаційною системою управління, що дозволяє задавати програму керування електроприводом механізму повороту крана, а також за допомогою регульованого модального регулятора ефективно гасити небажані коливання вантажу на гнучкому підвісі. Звісно, що для складання подібної програми управління рухом крана необхідно підібрати режим його повороту, який би враховував вплив його конструктивних особливостей і забезпечував би підвищення продуктивності і надійності крана, а також простоту управління самим механізмом.

Для вирішення поставлених завдань потрібні знання узагальнених рівнянь руху, що враховують весь спектр сил, діючих на грейфер з вантажем, підвішений на гнучкому підвісі крана. Подібні рівняння досить точно можуть описувати поведінку вантажу в режимі реальної експлуатації крана.

Аналіз останніх досліджень. Розрахункові підходи, що враховують вплив відцентрових сил інерції на характер коливання вантажу при повороті стріли крана, представлені в роботах [1-10]. В

[11] проведено аналіз динамічних режимів розгойдування вантажу в горизонтальній площині коливань з урахуванням впливу прискорення Коріоліса на відносну траєкторію вантажу на гнучкому підвісі. Автори [12,13] обґрунтовують рівняння руху вантажу на гнучкому підвісі при повороті крана, проте без урахування сил Коріоліса. Слід зазначити що в [11] розглянуто рівномірний поворот стріли крана, а в [13] – нерівномірний.

Мета досліджень. Обґрунтування математичної моделі, яка описує динаміку і визначає вид відносної траєкторії руху грейфера з вантажем на гнучкому підвісі при різних режимах повороту стріли крана в горизонтальній площині коливань (з одночасним урахуванням як відносного повороту вертикальної площини коливань вантажу, так і впливу прискорення Коріоліса на вид відносної траєкторії вантажу, який розгойдується на гнучкому підвісі). Для досягнення мети роботи використано метод (класичного) фазового портрета і метод фазових портретів вищих порядків, перший з яких застосований в [13].

Результати досліджень. Рівняння горизонтальних коливань вантажу на гнучкому підвісі при рівномірному повороті стріли крана. Використовуючи результати роботи [11], в яких враховано дію сили Коріоліса, рівняння горизонтальних коливань вантажу на гнучкому підвісі при рівномірному повороті стріли крана можуть бути представлені (в абсолютній системі координат (y_2, x_2)) в наступному вигляді:

$$\left\{ \begin{aligned} \ddot{x}_2 &= \dot{y}(-\omega_l) \sin(\omega_l t) + (R + y + y d_{\ddot{\alpha}}) \times \\ &\times (-\omega_l^2) \cos(\omega_l t) + \ddot{y} \cos(\omega_l t) - \dot{y} \omega_l \times \\ &\times \sin(\omega_l t) + \ddot{x} \sin(\omega_l t) + \dot{x} \omega_l \cos(\omega_l t) + \\ &+ \omega_l \dot{x} \cos(\omega_l t) - \omega_l^2 x \sin(\omega_l t); \\ \ddot{y}_2 &= \dot{\omega}_l \cos(\omega_l t) + (R + y + y d_{\ddot{\alpha}}) \times \\ &\times (-\omega_l^2) \sin(\omega_l t) + \ddot{y} \sin(\omega_l t) + \dot{y} \omega_l \times \\ &\times \cos(\omega_l t) - \ddot{x} \cos(\omega_l t) + \dot{x} \omega_l \sin(\omega_l t) + \\ &+ \dot{\omega}_l \sin(\omega_l t) + \omega_l^2 x \cos(\omega_l t); \\ \ddot{x} - 2\omega_l \dot{y} - \omega_l^2 x &= -\frac{g}{l} x \\ \ddot{y} + 2\omega_l \dot{x} - \omega_l^2 y &= -\frac{g}{l} y \end{aligned} \right.$$

$$y d_{\ddot{\alpha}} = \frac{\omega_l^2 R l}{(g - \omega_l^2)}, \quad (1)$$

де ω_1 – кутова швидкість рівномірного обертання стріли крана навколо вертикальної осі OZ ; (x_2, y_2) – координати вантажу у нерухомій системі координат (інерційній); (x, y) – узагальнені координати вантажу (прямокутні); R – радіус обертання точки підвісу каната до стріли крана в горизонтальній площині відносно осі обертання.

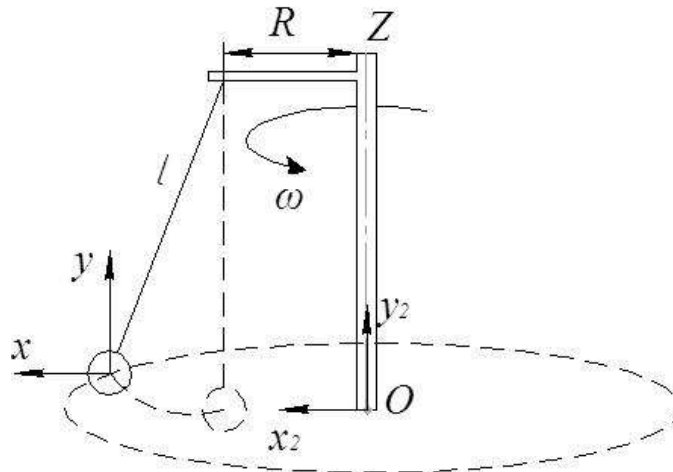


Рис. 1. Динамічна модель механізму повороту крана.

При чисельному аналізі на ПЕОМ системи (1) прийняті наступні початкові умови і значення вихідних параметрів [11]:

$$\omega_1 = 0,209 \text{ рад/с}; R=20 \text{ м}; l = 20 \text{ м};$$

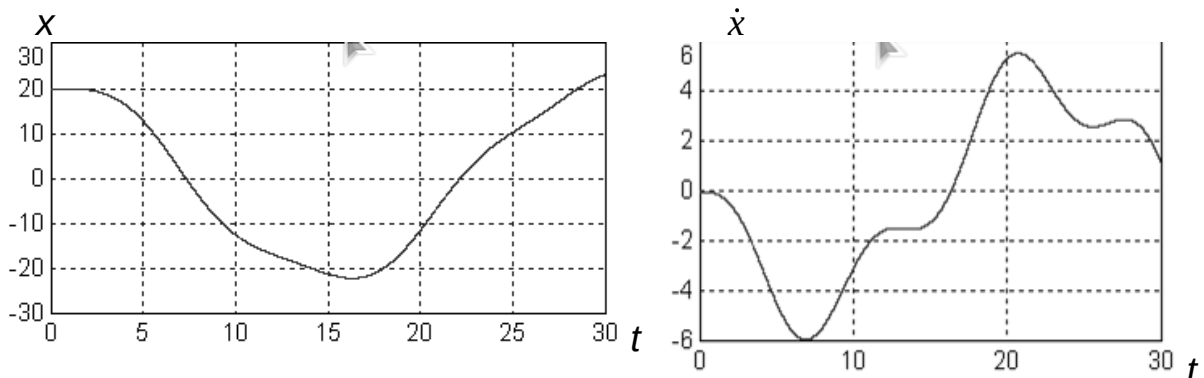
$$x|_{t=0} = 0; \dot{x}|_{t=0} = -\omega_1 R; \quad (2)$$

$$y|_{t=0} = -\frac{\omega_1^2 R l}{-\omega_1^2 l} = 0,0018 \text{ м}; \dot{y}|_{t=0} = 0.$$

У цьому випадку також виникає резонанс, але за умови:

$$g = \omega_1^2 l. \quad (3)$$

Побудуємо залежності $x(t)$, $y(t)$ та їх фазові портрети руху системи уздовж цих координат для значень параметрів (2) та відповідних початкових умов з урахуванням сил Коріоліса при постійній частоті обертання:



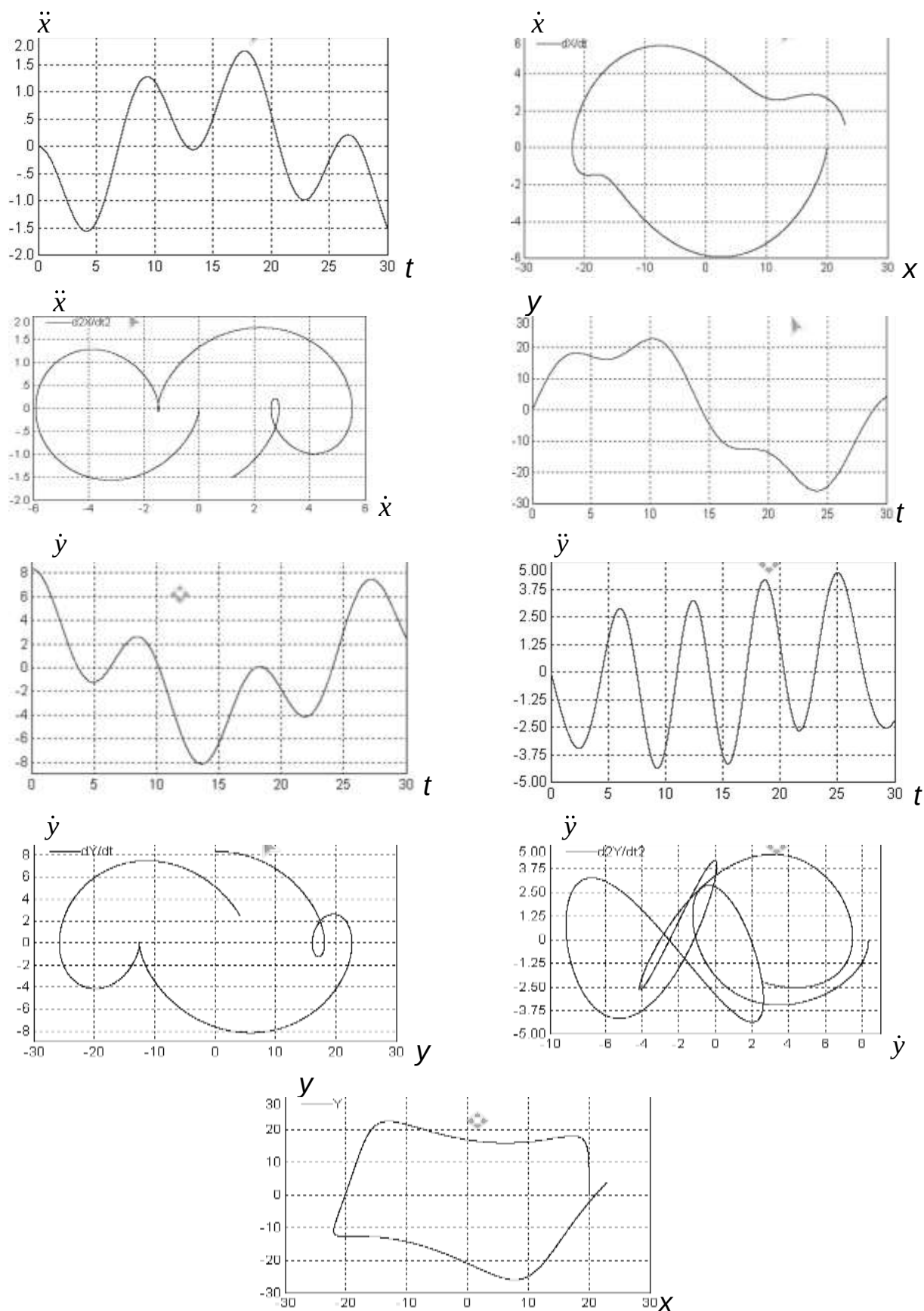


Рис. 2. Залежності $x(t)$, $y(t)$ та їх похідні по t до другого порядку включно, відповідні фазові портрети (у тому числі вищих порядків для обох координат), рівняння траєкторії $y(x)$.

Аналіз графіків на рис. 2 показує, що при даних значеннях параметрів (ω_1 , R , l) спостерігаються коливання вантажу у горизонтальній площині (x , y). Фазові портрети (x , $\dot{x}$), (y , $\dot{y}$), ($\dot{x}$, $\ddot{x}$), ($\dot{y}$, $\ddot{y}$) – мають вигляд замкнених ліній, що свідчить про циклічний рух системи.

Рівняння горизонтальних коливань вантажу на гнучкому підвісі при нерівномірному повороті стріли крана. При врахуванні залежності $\omega_1 = \omega_1(t)$ типу (4).

$$\omega(t) = \omega_0 \sin^2 \left(\frac{\pi}{2t_i} \right); \quad (4)$$

$$\omega_0 = 0,8 \text{ рад/с}, \quad 0 < t \leq t_i$$

і для $\dot{\omega}_l(t)$ типу (5)

$$\dot{\omega}(t) = \frac{\omega_0 \pi}{2t_i} \sin \left(\frac{\pi t}{t_i} \right), \quad 0 < t \leq t_i. \quad (5)$$

$$\begin{cases} \ddot{x}_1 - \dot{\omega}_l(R + y_1) - 2\omega_l \dot{y}_1 - \omega_l^2 x_1 = -\frac{g}{l} x_1; \\ \ddot{y}_1 + \dot{\omega}_l x_1 + 2\omega_l \dot{x}_1 - \omega_l^2 (R + y_1) = -\frac{g}{l} y_1, \end{cases} \quad (6)$$

де x_1 , y_1 – координати неінерційної системи при нерівномірній частоті обертання. Початкові умови для системи (6) наступні:

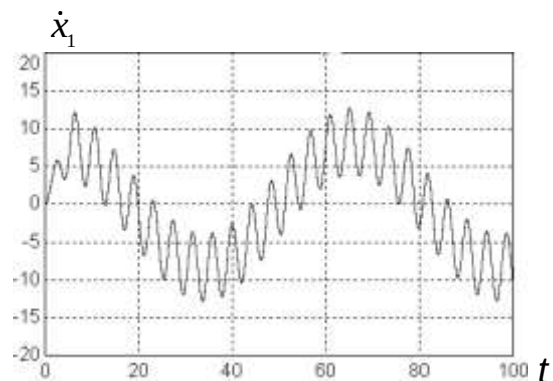
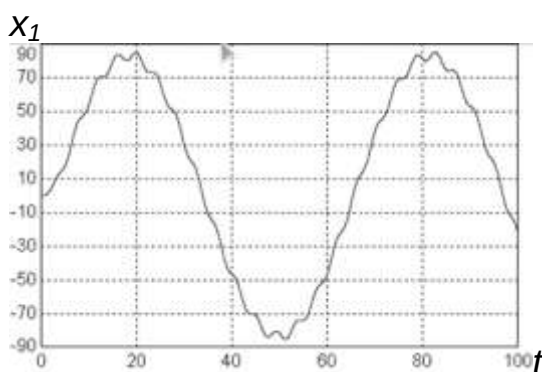
$$x_1|_{t=0} = 0; \quad \dot{x}_1|_{t=0} = 0; \quad y_1|_{t=0} = 0; \quad \dot{y}_1|_{t=0} = 0. \quad (7)$$

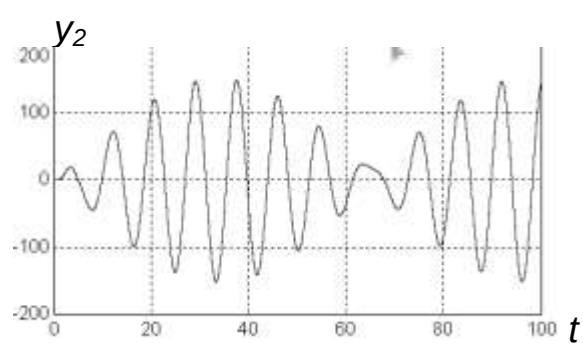
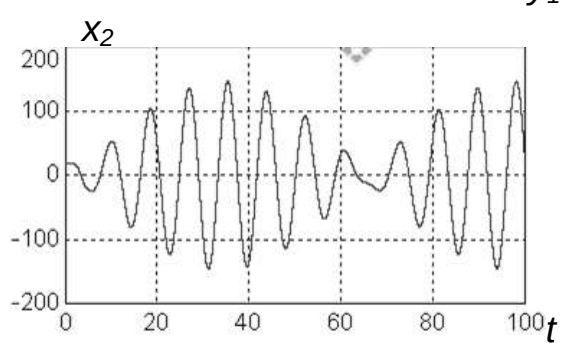
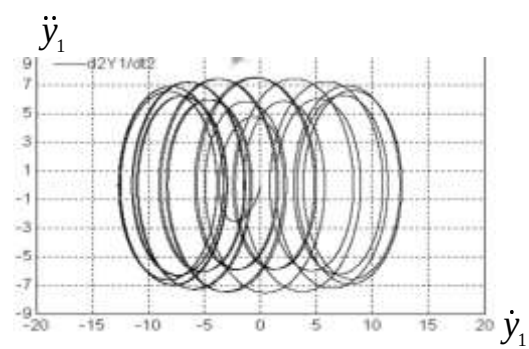
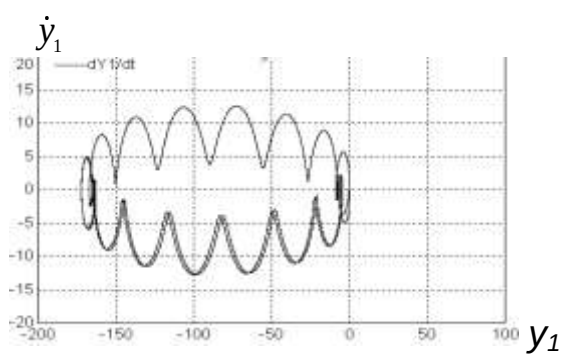
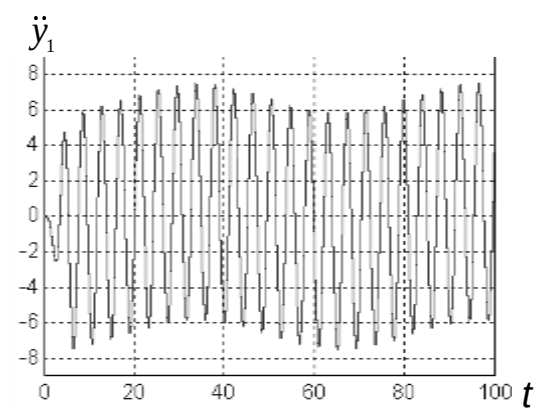
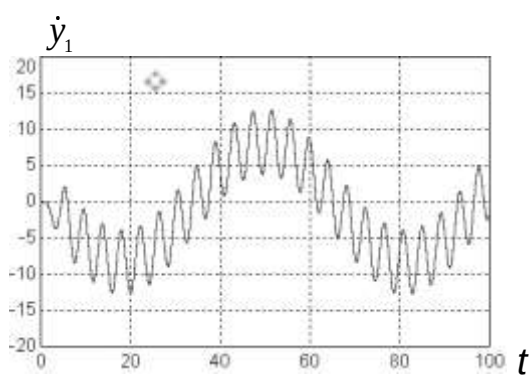
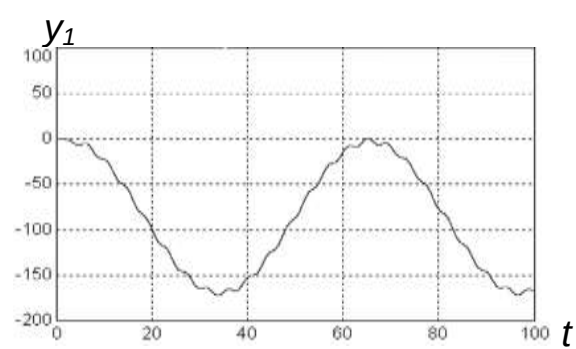
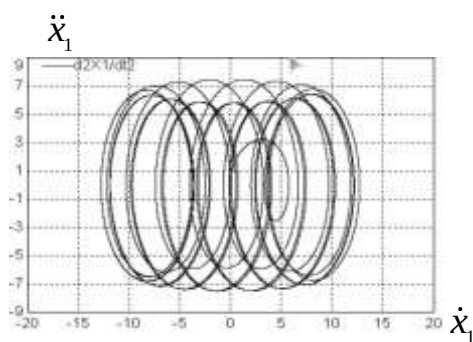
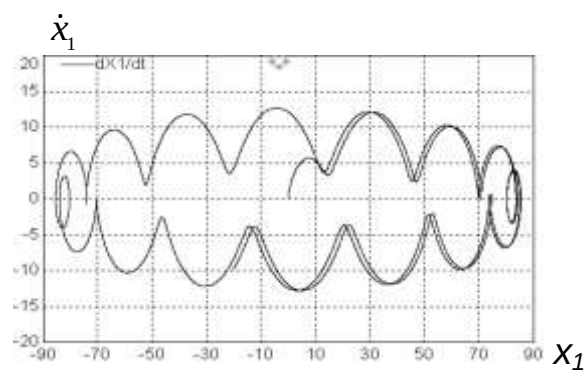
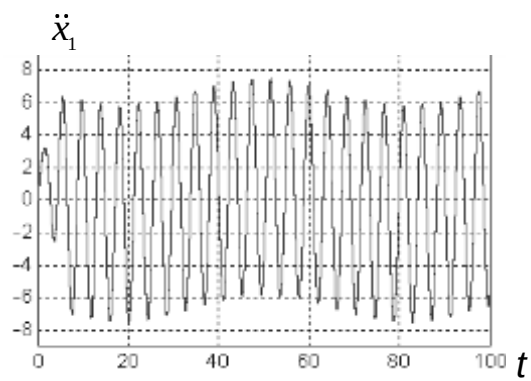
Після інтегрування на ПЕОМ (6) можна знайти вирази для координат вантажу в площині (x_2 , y_2) (в абсолютній системі координат):

$$\begin{cases} x_2(t) = (R + y_1) \cos(\omega_l t) + x_1 \sin(\omega_l t); \\ y_2(t) = (R + y_1) \sin(\omega_l t) - x_1 \cos(\omega_l t); \end{cases} \quad \omega = \omega_l(t); \quad x_1 = x_1(t); \quad y_1 = y_1(t), \quad (8)$$

а також рівняння траєкторії y_2 (x_2) вантажу.

Графіки на рис. 3 представлені для наступних умов: $\omega_0 = 0,8$ рад/с, $t_i = 5$ с, $l = 20$ м, $R = 20$ м.





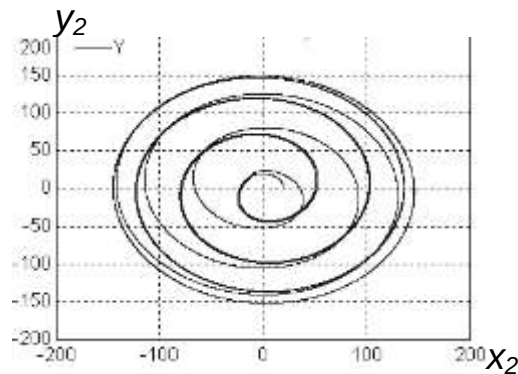


Рис. 3. Графіки залежностей $x_2(t)$, $y_2(t)$ і траєкторії руху вантажу $y_2(x_2)$ у горизонтальній площині (x_2, y_2) для заданих вище початкових умов (7) і параметрів (вихідних) досліджуваної системи «вантаж - гнучкий підвіс» (при змінній частоті обертання).

З рис. 3 видно, що закони руху $x(t)$, $y(t)$ носять коливальний (циклічний) характер (відповідні фазові портрети руху системи характеризуються замкнутими траєкторіями).

Висновки

1. Застосування рівнянь Лагранжа II роду і динамічної теореми Коріоліса дозволили отримати і чисельно проінтегрувати на ПЕОМ диференціальні рівняння (абсолютного/відносного) руху вантажу на гнучкому підвісі крана, який здійснює обертальні рухи із рівномірною/нерівномірною (залежної від t) кутовою швидкістю.

2. Отримані рішення рівнянь відносного (абсолютного) руху вантажу враховують вплив типових початкових умов задачі, а також мають «резонансні» властивості, які проявляють себе в сильному (по амплітуді) розгойдуванні вантажу, виході коливань з горизонтальної площини, коли частота обертання стріли крана збігається з власною частотою кутових коливань (математичного маятника) системи. Подібних ситуацій слід уникати в режимах реальної експлуатації крана, оскільки вони можуть привести до значного зниження надійності крана.

3. Результати даної роботи представляють собою основу для подальшого вивчення динаміки розгойдування вантажу на гнучкому підвісі, для побудови епюр внутрішніх силових факторів в несучих конструкціях його стріли, для аналізу статичних і динамічних характеристик автоматичних і ручних систем управління, а також для уточнення та вдосконалення інженерних методів розрахунку подібних систем, як на стадіях їх проектування/конструювання так і в режимах реальної експлуатації, які дозволять підвищити продуктивність і надійність роботи кранів з гнучким підвісом вантажу.

Список літератури

1. Кузьмин А.Н. Исследование колебаний груза на гибком подвесе при повороте крана / А.Н. Кузьмин, В.В. Суглобов, В.И. Федун // Захист металургійних машин від поломок. – Маріуполь: ПДТУ, 2011. – Вип. 13. – С. 141–147.
2. Маревич Е.В. Разработка оптимального управления движениями башенного крана / Е.В. Макаревич, В.Н. Шамардина, Ф. Палис, С. Палис // Електротехнічні та комп'ютерні системи. – Одеса: ОНПУ, 2011. – №3. – С. 170–171.
3. Герасимяк Р.П. Особливості керування електроприводом механізму вильоту стріли під час обертання крана з підвішеним вантажем / Р.П. Герасимяк, О.В. Найденко // Електротехнічні та комп'ютерні системи. – Одеса: ОНПУ, 2007. – Вип. 68. – С. 11–15.
4. Зарецкий А.А. Управление и защита грузоподъемного крана с гашением раскачивания груза. Часть 1 / А.А. Зарецкий, Л.С. Каминский, Д.М. Маш, И.А. Пятницкий, И.Г. Фёдоров // Все краны. – Санкт-Петербург: ООО «Издательский дом «Кран - Сервис». – 2007. – №16/16 (декабрь). – С. 10–13.
5. Зарецкий А.А. Управление и защита грузоподъемного крана с гашением раскачивания груза. Часть 2 / А.А. Зарецкий, Л.С. Каминский, Д.М. Маш, И.А. Пятницкий, И.Г. Фёдоров // Все краны. – Санкт-Петербург: Издательский дом «Кран-Сервис». – 2008. – №01/17 (январь-февраль). – С. 8–12.
6. Дрёмов В.И. К вопросу о создании энергоэффективных отечественных мощных грузоподъемных средств для условий природно-техногенных катаклизмов / В.И. Дрёмов, В.Г. Ивахник, А.В. Ляхомский // Горный информационно-аналитический бюллетень. – М.: МГГУ. – 2005. – №6. – С. 274–278.
7. Корытов М.С. О перемещении груза автокраном вдоль заданной траектории при ограничении количества одновременно управляемых координат / М.С. Корытов // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: технические науки. – Самара: Сам ГТУ. – 2009. – №2 (24). – С. 105–112.
8. Голдобина Л.А. Теоретическое обоснование снижения раскачивания груза на канате строительного крана / Л.А. Голдобина, А.В. Власов, А.Л. Бочков // Технично-технологические проблемы сервиса. – Санкт-Петербург: СПбГУСЭ. – 2011. – Т. 2. – №16. – С. 52–60.
9. Подобед В.А. Теоретические исследования основных показателей работы порталного крана «Альбрехт» при динамическом воздействии ветра / В.А. Подобед // Вестник Мурманского государственного университета. – Мурманск: МГТУ. – 2006. – Т. 9. – №3. – С. 522–530.
10. Ловеїкін В.С. Нелінійні маятникові коливання вантажу на гнучкому підвісі при різних режимах обертання / В.С. Ловеїкін, А.А. Бойко, Ю.В. Човнюк // Вісник ТНТУ (машинобудування, автоматизація виробництва та процеси механічної обробки). – 2010. – Т. 15. – №3. – С. 41–48.
11. Періг О.В. Горизонтальні коливання вантажу на тросі при рівномірному повороті стріли крана / О.В. Періг, О.М. Стадник, О.І. Дериглазов // Механіка та машинобудування. – 2012. – №1. – С. 33–40.
12. Смехов А.А. Оптимальное управление подъемно-транспортными машинами / А.А. Смехов, Н.И. Ерофеев. – М.: Машиностроение, 1975. – 239 с.
13. Кузьмин А.Н. Уравнения движения груза на гибком подвесе при повороте крана / А.Н. Кузьмин, В.В. Суглобов, В.И. Федун, В.И. Тютюнников // Захист

металургійних машин від поломок. – Маріуполь: ПДТУ, 2012. – Вип. 14. – С. 168–173.

Обоснована физико-механическая модель, описывающая возможные типы движений грейфера, подвешенного на гибком подвесе, при поворотах крана. Для анализа кинематических и силовых характеристик указанных движений использован метод фазовых портретов (классического и более высоких порядков). Использование полученных моделей кранов для оптимального управления движением позволяет значительно повысить их производительность и надёжность.

Модель, движение, груз, гибкий подвес, поворот, грейфер.

Mechanical and physical models describing possible types of movements of grapple suspended on flexible suspension during process of crane's turning are proposed. One may use for analysis of kinematic and force characteristics of these movements method of phase portraits (classical and of higher order as well). Using the obtained models of cranes for optimal motion control can significantly improve their performance and reliability.

Models, movement, cargo, flexible suspension, turn, grapple.

УДК 631.372

ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ РУШІЯ КОЛІСНОГО ТРАКТОРА НА ПОКАЗНИКИ УЩІЛЬНЕННЯ ҐРУНТУ

**Г.В. Шкарівський, В.Г. Присяжний, С.П. Погорілий,
кандидати технічних наук**

Викладено результати експериментальних досліджень, які дозволили встановити, що при обладнанні колісних тракторів ХТЗ класу 3 шинами 15,5R38 щільність ґрунту становила 1,63...1,65 г/см³ в шарі 0-10 см, заміна шин 15,5R38 на шини 23,1R26 дозволила зменшити щільність на 6 %, заміна ж шин 15,5R38 на шини 66х43.00LR25 дозволила зменшити щільність на 7...13 %. Аналогічна динаміка отримана і в шарі 10-20 см, але з меншим приростом, а у шарах 20-30, 30-40 і 40-50 см показники щільності не суттєво відрізнялися від контролю.

© Г.В. Шкарівський, В.Г. Присяжний, С.П. Погорілий, 2014

металургійних машин від поломок. – Маріуполь: ПДТУ, 2012. – Вип. 14. – С. 168–173.

Обоснована физико-механическая модель, описывающая возможные типы движений грейфера, подвешенного на гибком подвесе, при поворотах крана. Для анализа кинематических и силовых характеристик указанных движений использован метод фазовых портретов (классического и более высоких порядков). Использование полученных моделей кранов для оптимального управления движением позволяет значительно повысить их производительность и надёжность.

Модель, движение, груз, гибкий подвес, поворот, грейфер.

Mechanical and physical models describing possible types of movements of grapple suspended on flexible suspension during process of crane's turning are proposed. One may use for analysis of kinematic and force characteristics of these movements method of phase portraits (classical and of higher order as well). Using the obtained models of cranes for optimal motion control can significantly improve their performance and reliability.

Models, movement, cargo, flexible suspension, turn, grapple.

УДК 631.372

ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ РУШІЯ КОЛІСНОГО ТРАКТОРА НА ПОКАЗНИКИ УЩІЛЬНЕННЯ ҐРУНТУ

**Г.В. Шкарівський, В.Г. Присяжний, С.П. Погорілий,
кандидати технічних наук**

Викладено результати експериментальних досліджень, які дозволили встановити, що при обладнанні колісних тракторів ХТЗ класу 3 шинами 15,5R38 щільність ґрунту становила 1,63...1,65 г/см³ в шарі 0-10 см, заміна шин 15,5R38 на шини 23,1R26 дозволила зменшити щільність на 6 %, заміна ж шин 15,5R38 на шини 66х43.00LR25 дозволила зменшити щільність на 7...13 %. Аналогічна динаміка отримана і в шарі 10-20 см, але з меншим приростом, а у шарах 20-30, 30-40 і 40-50 см показники щільності не суттєво відрізнялися від контролю.

© Г.В. Шкарівський, В.Г. Присяжний, С.П. Погорілий, 2014

Колісний трактор, ходова частина, площа контакту рушія з опорною поверхнею, шина, типорозмір шини, ґрунт, шари ґрунту, щільність.

Постановка проблеми. Одним з основних факторів, що впливають на фізико-механічних властивостей ґрунту, є техногенний вплив на них з боку машинно-тракторних агрегатів (МТА). Актуальність проблеми техногенного впливу на ґрунт збільшується в міру інтенсифікації та механізації сільськогосподарського виробництва. За таких умов вивчення і мінімізація техногенного впливу мобільних енергетичних засобів (МЕЗ) на фізико-механічні властивості ґрунту є важливою науковою задачею і відповідає рамкам державної цільової програми реалізації технічної політики в агропромисловому комплексі.

Аналіз останніх досліджень. При виконанні різних технологічних операцій ущільнюється 20-80% площі поля, а сумарна площа слідів в кілька разів може перевищувати площу поля [1].

Трактори, автомобілі, комбайни та сільськогосподарські машини проходять по полю 5-15 разів [2]. Рушії МТА для внесення добрив і отрутохімікатів, а також транспортних агрегатів під час роботи в літній та осінній періоди перевищують допустимий тиск на ґрунт у 2,4-3,0 рази [3]. В орному шарі ущільнення є тимчасовим перехідним явищем, так як в результаті подальшого обробітку ґрунт розущільнюється до оптимальних значень. Особливо небезпечним є ущільнення підорного шару ґрунту. При цьому утворюється найбільш ущільнений шар на глибині 25-40 см, природа утворення якого до кінця не вивчена. Ряд дослідників [2, 4] називають цей шар плужною підшовою і вважають, що вона утворюється в результаті незмінного щорічного обробітку плугом на одну і ту ж глибину. Інші дослідники [5, 6] вважають, що це наслідок ущільнюючої дії ходових систем МТА. У роботі [7] зазначено, що утворення найбільш ущільненого шару ґрунту є наслідком сумарної дії ходових систем МТА і робочих органів ґрунтообробних машин і знарядь. На основі результатів експериментальних досліджень констатується, що контактний тиск на поверхні робочих органів ґрунтообробних машин і знарядь більший, ніж тиск, який створюють рушії тракторів і сільськогосподарських машин і це призводить до утворення плужної підшови.

Мета досліджень – встановити вплив параметрів колісного рушія МЕЗ на показники ущільнення ґрунту.

Результати досліджень. Об'єктами досліджень були трактора ХТЗ-16131 та ХТЗ-17221 обладнані шинами різних типорозмірів, а саме: 15,5R38, 23,1R26 та 66 x 43.00LR25.

Для проведення досліджень використовували частину поля, яку попередньо зорали і провели на ній передпосівний обробіток ґрунту. Перед виконанням робіт трактор оснащувався шинами необхідного типорозміру і зважувався. У шинах встановлювалося тиск згідно з діючими рекомендаціями [8, 9], після цього методом відбитків визначали площі опорних поверхонь кожного з коліс. Далі трактор заїжджав на дослідну ділянку і проїжджав контрольний ділянку. По сліду коліс трактора, між слідами коліс, на відстані 2 м від сліду (збоку) і на контрольній ділянці, розміщений далеко від слідів трактора, рили шурфи глибиною 60 см для відбору проб ґрунту з метою подальшого визначення її щільності. Одна із сторін шурфу мала сходинки висотою 10 см. Таким чином, відділялися шари 0–10см, 10–20см, 20–30см, 30–40см, 40–50см, в яких відбирали проби ґрунту згідно з методикою передбаченої нормативними документами. Об'ємну масу визначали за відомими методиками. Обробку експериментальних даних проводили за стандартними методиками.

Результати експериментальних досліджень наведено в таблиці. Як показують дані таблиці, максимальне ущільнення ґрунту відбувається при проході тракторів ХТЗ-16131 та ХТЗ-17221 обладнаних.

Усереднені значення щільності ґрунту по сліду тракторів обладнаних рушіями різної комплектації.

Глибина залягання шару ґрунту, що досліджується, см	Щільність ґрунту, г/см ³						Контроль
	ХТЗ-16131			ХТЗ-17221			
	типорозмір шин			типорозмір шин			
	15,5R38	21,3R26	66x4300LR25	15,5R38	21,3R26	66x4300LR25	
0-10	1,63	1,53	1,51	1,65	1,55	1,44	1,24
10-20	1,52	1,52	1,49	1,60	1,53	1,50	1,48
20-30	1,54	1,61	1,64	1,60	1,67	1,51	1,54
30-40	1,66	1,63	1,66	1,68	1,62	1,65	1,67
40-50	1,59	1,55	1,54	1,64	1,44	1,69	1,56

Шинами 15,5R38. У цьому випадку об'ємна маса ґрунту становила відповідно 1,63 г/см³ і 1,65 г/см³ в шарі 0-10 см. Заміна шин 15,5R38 на шини 23,1R26 дозволила зменшити щільність в обох випадках на 6%, а заміна шин 15,5R38 на широкопрофільні 66x43.00LR25 дозволила зменшити щільність на 7 і 13 % відповідно.

Аналогічне зменшення щільності ґрунту відбувається і в шарі 10-20 см, тільки зі значно меншим приростом. У шарах 20-30, 30-40 і 40-50 см щільність ґрунту істотно вище, ніж у попередніх шарах. Крім того, показники щільності в названих шарах не суттєво відрізняються від контролю, де ходова система впливу на ґрунт не чинила.

Одним з пояснень викладеним результатами може бути те, що на дослідній ділянці, протягом багатьох років, основною технологічною операцією була оранка на глибину 20-22 см, що призвело до утворення потужного переуцільнення підорного шару, верхня частина якого розміщена на глибині 20-22 см.

Встановлення впливу окремих факторів, які визначають ступінь ущільнення ґрунту («площа опорної поверхні трактора» – F , «маса трактора» – m_T) в його окремих шарах S проводили за допомогою побудови регресійних залежностей. Встановлено, що з імовірністю 95 % щільність ґрунту в шарі 0-20 см. описується залежністю:

$$\rho = 1,65 - (0,13 \times 10^{-4}) \times F, \quad (1)$$

де F – площа опорної поверхні ходової частини (рушіїв) трактора, см^2 .

Залежність (1) показала, що в шарі 0-20 см для обох тракторів істотної різниці між щільністю немає через не істотність різниці їх мас (всього 490 кг), що й вивело з розгляду фактор «маса трактора».

За таких умов щільність ґрунту по сліду тракторів ХТЗ- 16131 та ХТЗ- 17221, в залежності від типорозміру шин (15,5 R38, 23,1 R26, 66x43.00LR25), складе відповідно 1,59 ; 1,56 і 1,48 г/см^3 при контролі для шарів 0-10 і 10-20 см рівному відповідно 1,24 і 1,48 г/см^3 .

Як відомо, найбільше ущільнюється ґрунт при вологості 18-25%, що характерно для ранньої весни. Дослідження, результати яких наведені вище, проведені при вологості 9-16%, що ще раз підтвердило доцільність використання широкопрофільних шин на ранньовесняних роботах.

Висновок. Таким чином, в результаті проведених досліджень колісних тракторів ХТЗ-16131 та ХТЗ-17221 з шинами 15,5R38, 23,1R26 і 66x43.00LR25 встановлено, що максимальне ущільнення ґрунту спостерігається при обладнанні їх колесами з шинами 15,5R38. Об'ємна маса ґрунту, отримана при дослідженні цих тракторів становила відповідно 1,63 г/см^3 і 1,65 г/см^3 в шарі 0-10 см. Заміна шин 15,5R38 на шини 23,1R26 дозволила зменшити щільність (об'ємну масу) в обох випадках на 6%, а заміна шин 15,5 R38 на широкопрофільні 66x43.00LR25 дозволила зменшити щільність ґрунту на 7 і 13% відповідно. Аналогічна динаміка зменшення щільності ґрунту відбувається і в шарі 10-20 см, але зі значно меншим приростом. У шарах 20-30, 30-40 і 40-50 см

щільність ґрунту істотно вища, ніж у попередніх шарах і показники щільності не суттєво відрізняються від контролю, де ходова частина впливу на ґрунт не чинила, що може бути пояснено дією робочих органів ґрунтообробних машин і може скласти напрямок подальших наукових досліджень з даного напрямку.

Список літератури

1. Ковда В.А. Переуплотнение пахотных почв. Причины, следствия, пути уменьшения / В.А. Ковда. – М.: Наука, 1987. – 215 с.
2. Ксеневич И.П. Автоматизация мобильной сельскохозяйственной техники и проблемы окружающей среды / И.П. Ксеневич // Техника в сельском хозяйстве. 1993. – № 1. – С. 19–21.
3. Русанов В.А. Комплексное улучшение характеристик полевой техники при снижении ее давления на почву / В.А. Русанов // Техника в сельском хозяйстве. – 1993. – № 1. – С. 21–23.
4. Кушнарев А.С. Обработка почвы при интенсивном возделывании полевых культур / А.С. Кушнарев. – М.: Агропромиздат, 1988. – 250 с.
5. Русанов В.А. Воздействие движителей тракторов на почву и ее плодородие / В.А. Русанов, А.Н. Сидовников, С.С. Юшков и др. // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1983. – № 5. – С. 3–8.
6. Кравченко В.И. Сопротивление обработке уплотненного движителями К-701 серозема / В.И. Кравченко, Я.А. Кулаков // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1983. – №5. – С. 16–17.
7. Кушнарев А.С. Механика почв: задачи и состояние работ / А.С. Кушнарев // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1987. – № 3. – С. 9–13.
8. Трактор ХТЗ-16131. Инструкция по эксплуатации. – Харьков: ОАО «Харьковский тракторный завод». – 1999. – 177 с.
9. Тракторы ХТЗ-17021, ХТЗ-16131, ХТЗ-121, Т-151К. Инструкция по эксплуатации и техническому обслуживанию. – Харьков: ОАО «Харьковский тракторный завод». – 2001. – 344 с.

Изложены результаты экспериментальных исследований, которые позволили установить, что при оборудовании тракторов ХТЗ класса 3 шинами 15,5R38 плотность почвы составляла 1,63 ... 1,65 г/см³ в слое 0-10 см, замена шин 15,5R38 на шины 23,1R26 позволила уменьшить плотность на 6%, замена же шин 15,5R38 на шины 66x43.00LR25 позволила уменьшить плотность на 7...13%. Аналогичная динамика получена и в слое 10-20 см, но с меньшим приростом, а в слоях 20-30, 30-40 и 40-50 см показатели плотности не существенно отличались от контроля.

Трактор колесный, ходовая часть, площадь контакта движителя с опорной поверхностью, шина, типоразмер шины, почва, слои почвы, плотность.

The results of experimental studies that have established that equipment tractors ХТЗ Class 3 tires 15,5R38 soil density was 1.63 ...

1.65 g/cm³ in 0-10 cm layer, tire 15,5R38 tires on 23,1R26 possible to reduce the density of 6%, the same replacement tires 15,5R38 tires on 66h43.00LR25 possible to reduce the density of 7...13%. A similar pattern was obtained in the 10-20 cm layer, but with a smaller increment, and the layers 20-30, 30-40 and 40-50 cm densities did not significantly differ from control.

Wheeled tractor, chassis, area of contact with supporting surface propulsion, tire, tire size, soil, layers of soil density.

УДК 681.508, 621.87

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІНИ ВИЛЬОТУ БАШТОВОГО КРАНА З ШАРНІРНО-ЗЧЛЕНОВАНОЮ СТІЛОВОЮ СИСТЕМОЮ

***В.С. Ловейкін, доктор технічних наук
О.Г. Шевчук, магістр***

В статті приведено методику експериментальних досліджень зміни вильоту баштового крана з шарнірно-зчленованою стріловою системою, а також вимірювально-реєструюче обладнання яке при цьому використовується

Експеримент, дослідження, кран, коливання, датчик, зусилля, рух, частота обертання.

Постановка проблеми. Зміна вильоту шарнірно-зчленованої стрілової системи баштового крану виконується при роботі механізму підйому стрілової системи та механізму переміщення вантажного візка [1].

При зміні вильоту виникають динамічні навантаження в металоконструкції та ланках механізмів, а також коливання вантажу, що тривають протягом усталеного режиму руху. Для визначення реального характеру зміни динамічних навантажень, а також коливань вантажу баштового крана з шарнірно-зчленованою стріловою системою необхідно провести експериментальний аналіз цього руху. Експериментальний аналіз зміни вильоту баштового крана з шарнірно-зчленованою стріловою системою можна порівняти з теоретичним [2] для підтвердження адекватності вибраної теоретичної моделі яка описує процес зміни вильоту.

© В.С. Ловейкін, О.Г. Шевчук, 2014

1.65 g/cm³ in 0-10 cm layer, tire 15,5R38 tires on 23,1R26 possible to reduce the density of 6%, the same replacement tires 15,5R38 tires on 66h43.00LR25 possible to reduce the density of 7...13%. A similar pattern was obtained in the 10-20 cm layer, but with a smaller increment, and the layers 20-30, 30-40 and 40-50 cm densities did not significantly differ from control.

Wheeled tractor, chassis, area of contact with supporting surface propulsion, tire, tire size, soil, layers of soil density.

УДК 681.508, 621.87

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІНИ ВІЛЬОТУ БАШТОВОГО КРАНА З ШАРНІРНО-ЗЧЛЕНОВАНОЮ СТІЛОВОЮ СИСТЕМОЮ

***В.С. Ловейкін, доктор технічних наук
О.Г. Шевчук, магістр***

В статті приведено методику експериментальних досліджень зміни вильоту баштового крана з шарнірно-зчленованою стріловою системою, а також вимірювально-реєструюче обладнання яке при цьому використовується

Експеримент, дослідження, кран, коливання, датчик, зусилля, рух, частота обертання.

Постановка проблеми. Зміна вильоту шарнірно-зчленованої стрілової системи баштового крану виконується при роботі механізму підйому стрілової системи та механізму переміщення вантажного візка [1].

При зміні вильоту виникають динамічні навантаження в металоконструкції та ланках механізмів, а також коливання вантажу, що тривають протягом усталеного режиму руху. Для визначення реального характеру зміни динамічних навантажень, а також коливань вантажу баштового крана з шарнірно-зчленованою стріловою системою необхідно провести експериментальний аналіз цього руху. Експериментальний аналіз зміни вильоту баштового крана з шарнірно-зчленованою стріловою системою можна порівняти з теоретичним [2] для підтвердження адекватності вибраної теоретичної моделі яка описує процес зміни вильоту.

© В.С. Ловейкін, О.Г. Шевчук, 2014

Для проведення експериментальних досліджень зміни вильоту шарнірно-зчленованої стрілової системи виготовлено її фізичну модель [3], яка відображає процес зміни вильоту у визначеному масштабі.

Аналіз останніх досліджень. Проблемі експериментального дослідження роботи вантажопідйомної техніки присвячено значну кількість праць. Так вказано [4-6], що експериментальні дослідження проводяться з метою отримання даних про характер зміни певних параметрів системи. Експериментальні данні часто порівнюють з теоретичними для оцінки адекватності прийнятої теоретичної моделі, яка описує явище, що досліджується. Основною задачею на початку проведення експериментальних досліджень є планування експерименту. Планування експерименту включає визначення мінімальної кількості дослідів необхідних для визначення аналітичної моделі досліджуваного процесу або явища [7, 8].

У роботі [9] описано методику проведення експериментальних досліджень руху шарнірно-зчленованої стрілової системи крана при зміні вильоту вантажу, а також вимірювально-реєструюче обладнання, що при цьому використовується.

Розглянута експериментальна установка крана-маніпулятора з гідроприводом та вимірювально-реєструюче обладнання для проведення досліджень з визначенням динамічних навантажень на її робочому обладнанні. Представлено результати експериментальних досліджень у статті [10].

У роботі [11] проведено експериментальне дослідження балансування моделі баштового крану з рухомою противагою. Здійснено порівняння отриманих експериментальних результатів з теоретичними. При експериментальному дослідженні зміни вильоту шарнірно-зчленованої стрілової системи важливе значення має характер зміни кінематичних та інерційних характеристики основних елементів конструкції [12]. Крім того, необхідно дослідити вплив розгойдування вантажу на металоконструкцію стрілової системи та елементи приводних механізмів, а також зміну напруги та сили струму живлення привідних електродвигунів [13].

Мета досліджень – встановити кінематичні, динамічні, та енергетичні характеристики стрілової системи, які необхідно експериментально визначити та вибрати для цього необхідне обладнання.

Результати досліджень. Враховуючи вищезазначене пропонується експериментально виміряти такі параметри:

- 1) Кут відхилення вантажу від вертикалі;
- 2) Швидкість переміщення вантажного візка;
- 3) Зусилля у відтяжці;

- 4) Швидкість обертання барабана механізму переміщення стрілової системи;
- 5) Силу і напругу струму живлення електродвигунів;
- 6) Коливання башти.

Кожен датчик, що закріплений на фізичній моделі шарнірно-зчленованої стрілової системи, з'єднаний з пристроєм збору даних (7). Для кожного датчика виділяється індивідуальний канал (або декілька каналів). Під час проведення експерименту пристрій збору даних записує значення напруги на кожному каналі і за допомогою програми, що встановлена на комп'ютері (8) конвертує цю інформацію у файл текстового формату. Проаналізуємо характеристики, що підлягають вимірюванню, виберемо відповідні датчики та способи монтування їх на моделі шарнірно-зчленованої стрілової системи. Кут відхилення вантажу від вертикалі та швидкість обертання барабана механізму переміщення стрілової системи будемо визначати кутовими енкодерами MOL-40 Megatron (рис. 2). Функціональна схема збору даних показано на рис. 1.

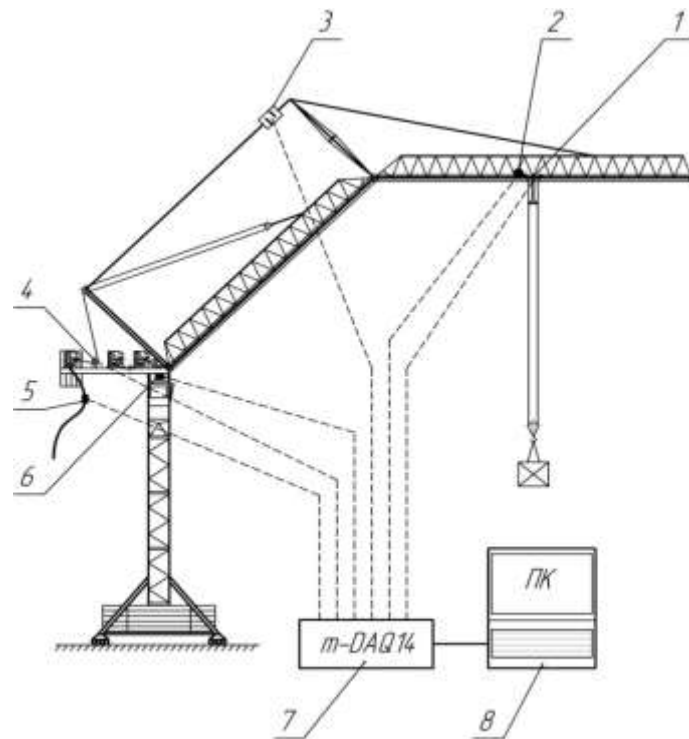


Рис. 1. Функціональна схема збору даних: 1 – енкодерний датчик відхилення вантажу від вертикалі; 2 – енкодерний датчик переміщення вантажного візка; 3 – тензорний датчик зусилля у відтяжці; 4 – енкодерний датчик обертання барабану механізму підйому стрілової системи; 5 – датчики сили і напруги струму живлення приводних електродвигунів; 6 – датчик прискорення (акселерометр); 7 – пристрій збору даних; 8 – персональний комп'ютер.

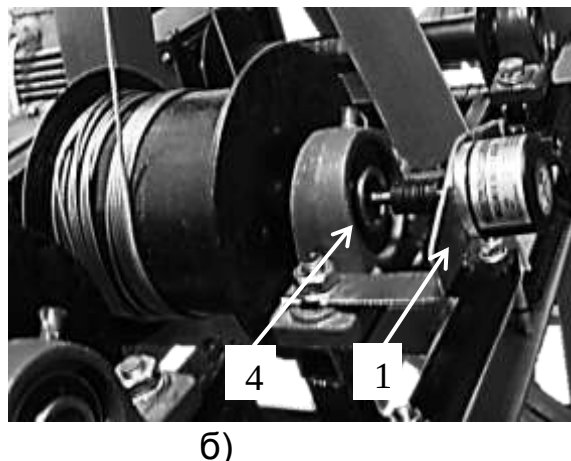
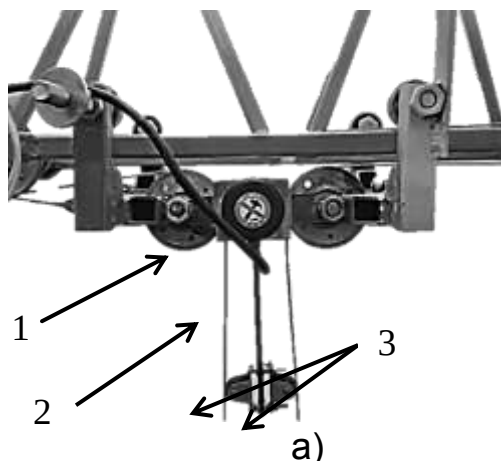


Рис. 2. Монтаж датчиків на фізичній моделі шарнірно-зчленованої стрілової системи: а) для визначення відхилень вантажу; б) для визначення швидкості обертання барабана; 1 – датчик; 2 – коромисло; 3 – напрямні ролики; 4 – пружно-компенсувальна муфта.

Для вимірювання відхилення вантажу від вертикалі виготовлено коромисло (2), яке вільно виконує хитний рух відносно точки підвісу вантажу. Контакт коромисла з канатом відбувається через напрямні ролики (3), які впираються в приводну і вантажну гілки канату (рис. 2,а). На рис. 2,б датчик, через пружно-компенсувальну муфту, кріпиться до валу обертання барабана приводу підйому стрілової системи.

Швидкість переміщення вантажного візка вимірюємо еncoderом ENC Autonics (рис. 3), який шарнірно закріплений на візку таким чином, що колесо датчика вільно перекочується по нижньому поясу допоміжної секції стрілової системи.

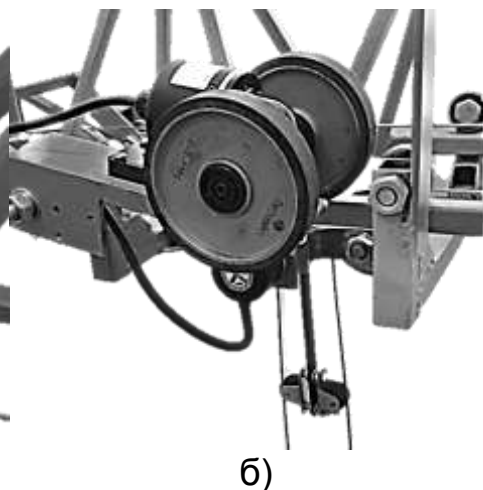
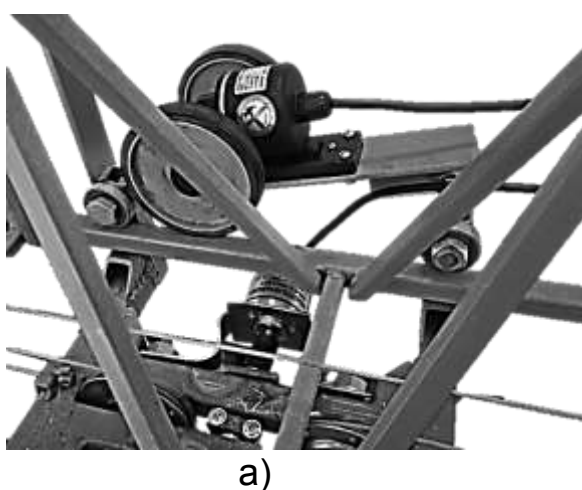


Рис. 3. Зовнішній вигляд датчика ENC Autonics, що закріплений на вантажному візку фізичної моделі крана: а) вигляд зліва; б) вигляд справа.

Для вимірювання зусилля використовується S-подібний відтарований тензометричний датчик, що закріплений на відтяжці (рис. 4,а). Вимірювання коливань башти виконаємо за допомогою акселерометра (рис. 4,б), який має три канали, що відповідають трьом вісям декартової системи координат. Датчик складається з чутливого елемента MMA7260Q фірми Freescale Semiconductor, підсилювача сигналу та стабілізатора напруги живлення. Живлення акселерометра виконується за допомогою гальванічного елемента.

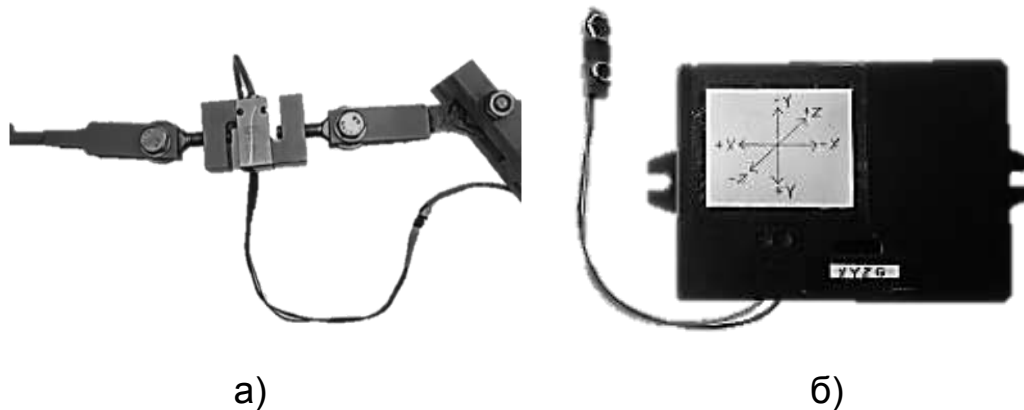


Рис. 4. Зовнішній вигляд датчиків: а) тензометра; б) прискорення (акселерометра).

Для вимірювання електричних показників використовуються датчики струму CSLA1CD 0612 MEX фірми Honeywell (рис. 5,а) та датчик напруги (рис. 5,б). Характеристики усіх зображених вище датчиків наведено у табл. 1.

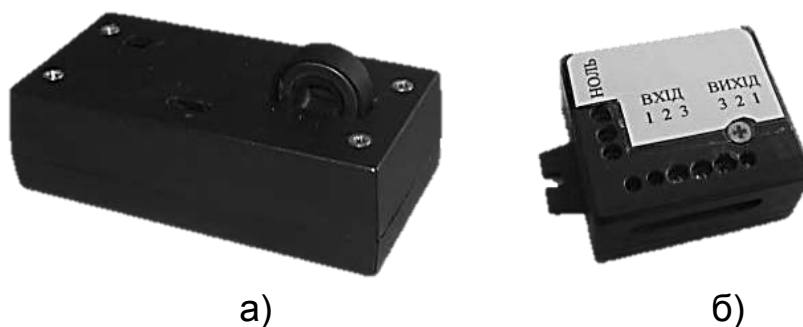


Рис. 5. Зовнішній вигляд датчиків: а) струму; б) напруги.

Всі вказані величини вимірюються протягом всього часу зміни вильоту стрілової системи, що виконується як окремо механізмами підйому стрілової системи та переміщення вантажного візка, так і при сумісній роботі цих механізмів. Також вимірювання потрібно проводити для випадків зміни вильоту від мінімального до максимального і навпаки. Виміри необхідно проводити за реальним часом, з частотою опитування необхідною для визначення експериментальних значень вимірювальних параметрів.

1. Характеристики датчиків.

Вимірюваний параметр	Марка чутливого елементу	Фірма-виробник чутливого елементу	Абсолютна похибка вимірювання	Межі вимірювання	Чутливість
Струм	CSLA1CD 0612 MEX	Honeywell	0,03 А	0... 57 А	0,05 В/А
Напруга	–	–	–	Обмежені максимальною напругою АЦП	0,043 В/В 0,020 В/В 0,009 В/В
Зусилля	DEF-A	Keli	100 Н	0...10000 Н	0,00021 В/Н
Лінійне переміщення	ENC	Autonics	1 мм	–	1 імпульс/мм
Кутове переміщення	MOL-40	Megatron	0,1°	–	3600 імпульс/об
Прискорення	MMA7260Q	Freescale Semiconductor	0,03 м/с ²	0...60 м/с ²	0,078 В·с ² /м

Технічні характеристики пристрою збору даних, що показаний на рис. 6 наведені в табл. 2 [14].

2. Технічні характеристики пристрою збору даних.

Характеристика	Опис
Інтерфейс зв'язку з ПК	USB 2.0
Кількість аналогових каналів	4 диференціальних або 8 однопровідних
Вхідний діапазон сигналів, В	± 10
Гранична вхідна напруга відносно A _{GND} (землі), В	±15 (при включеному інтерфейсі USB) ±10 (при відключеному інтерфейсі USB)
Розрядність АЦП, біт	14
Максимальна диференціальна нелінійність перетворення, МЗР	-1...+1,5
Максимальна інтегральна нелінійність перетворення, МЗР	± 1,5
Максимальна частота дискретизації, кГц	100

Продовження табл. 2

Характеристика	Опис
Живлення пристрою	від шини USB
Максимальний споживаний струм, мА	250 (в активному режимі)
Габаритні розміри, мм	60x100x28
Маса, кг	0,10
Тип роз'ємну для підключення аналогових сигналів	DB-25F
Відносна вологість, %	5-90 (без конденсації вологи)
Температурний діапазон, °C	5...+40
Матеріал корпусу	пластик

Для збору експериментальних даних використовується пристрій m-DAQ-14 (рис. 6).



Рис. 6. Зовнішній вигляд пристрою збору даних.

При проведенні експериментальних досліджень використовуються блоки живлення SPD05051 та SPD12051 фірми Carlo Gavazzi (рис. 7).



Рис. 7. Зовнішній вигляд блоків живлення SPD05051 та SPD12051.

Технічні характеристики блоків живлення SPD12051, які показані на рис. 7, приведені у табл. 3.

Все електросилове обладнання для керування рухом приводних двигунів зібрано у електрощита (рис. 8). Керування роботою частотних перетворювачів виконується за допомогою ПК. Зв'язок між ПК та частотним перетворювачем виконується за допомогою інформаційного кабелю (використовується інтерфейс зв'язку RS-232).



Рис. 8. Зовнішній вигляд електрощита з частотними перетворювачами.

3. Технічні характеристики блоків живлення SPD05051 та SPD12051.

Параметр	Марка блока живлення	
	SPD 05051	SPD 12051
Опір ізоляції, МОм	100	
Температурний діапазон, °C	-10...+71	
Відносна вологість, %	до 95	
Номинальний діапазон напруги живлення, В	100-240	
Відносна похибка вихідної напруги, %	±1	
Пульсації та шум вихідної напруги, мВ	50	
Відносна зміна вихідної напруги при зміні навантаження в робочих межах, %	±2	
Номинальна вихідна напруга, В	5	12
Номинальний вихідний струм, А	1	0,42
Номинальна споживана потужність, Вт	18	

Висновки

В роботі приведені фізичні величини, що підлягають експериментальному вимірюванню та запропоновані методи їхнього вимірювання за допомогою вибраного обладнання.

Для реєстрації, зчитування та запису аналогових датчиків запропонована системи збору даних. Ця система також дозволяє перетворювати аналоговий сигнал датчиків у масив цифрової інформації, яку в подальшому можна використати для побудови графічних залежностей. На основі цих залежностей робляться висновки про динаміку руху стрілової системи та про можливості оптимального керування механізмами підйому стрілової системи та переміщення вантажного візка.

Список літератури

1. Невзоров Л.А. Башенные краны / Л.А. Невзоров // Учебник для сред. проф.-техн. училищ – 4-е изд., перераб., и доп. – М.: Высшая школа, 1980. – 326 с.
2. Ловейкін В.С. Аналіз зміни вильоту баштового крана з шарнірно зчленованою стріловою системою / В.С. Ловейкін, О.Г. Шевчук // Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини – 2013. – №82. – С. 20–27.
3. Ловейкін В.С. Побудова фізичної моделі шарнірно-зчленованої стрілової системи баштового крана / В.С. Ловейкін, О.Г. Шевчук // Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини – 2014. – № 83. – С. 31–34.
4. Шенк Х. Теория инженерного эксперимента / Х. Шенк ; пер. с англ. Е.Г. Коноваленко. – М.: Мир, 1972. – 382 с.
5. Спиридонов А.А. Планирование эксперимента при исследовании технологических процессов / А.А. Спиридонов. – М.: Машиностроение, 1981. – 184 с.
6. Монтгомери Д.К. Планирование эксперимента и анализ данных / Д.К. Монтгомери : пер. с англ. – Л.: Судостроение, 1980. – 384 с.
7. Блохин В.Г. Современный эксперимент: подготовка, проведение, анализ результатов / В.Г. Блохин, О.П. Гудкин, А.И. Гуров, М.А. Ханин. – М.: Радио и связь, 1997. – 232 с.
8. Щиголев Б.М. Математическая обработка наблюдений / Б.М. Щиголев. – М.: Гос. изд. физ.-мат. лит., 1962. – 344 с.
9. Ловейкін В.С. Експериментальне дослідження руху шарнірно-зчленованої стрілової системи крана при зміні вильоту вантажу / В.С. Ловейкін, Д.А. Паламарчук, В.В. Іщук // Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини. – 2011. – №77. – С. 38–43.
10. Подоляк О.С. Дослідження динамічних навантажень стрілової системи самохідних кранів за допомогою фізичної моделі / О.С. Подоляк, Л.А. Родіонов // Науковий вісник будівництва. – 2009. – №56. – С. 32–36.
11. Rubio-Ávila J.J., Alcántara-Ramírez R., Jaimes-Ponce J., Siller-Alcalá I.I. Design, construction, and control of novel tower crane // International journal of mathematics and computers in simulation – Issue 2, Volume 1, 2007. – P. 119–126.
12. Комаров М.С. Динамика грузоподъемных машин / М.С. Комаров. – М.: Машиностроение, 1969. – 206 с.
13. Герасимьяк Р.П. Анализ и синтез крановых электромеханических систем / Р.П. Герасимьяк, В.А. Лежнев. – Одесса: СМЛ, 2008. – 192 с.
14. mDAQ-12, mDAQ-14. Микросистема сбора данных с интерфейсом USB. Руководство пользователя. V1.5. ООО «ХОЛИТ Дэйта Системс». – 34 с.

В статье приведены методика экспериментальных исследований изменения вылета башенного крана с шарнирно-сочлененной стреловой системой, а также измерительно-регистрирующее оборудование, которое при этом используется.

Эксперимент, исследования, кран, колебания, датчик, усилие, движение, частота вращения.

The paper deals with experimental studies of luffing of articulated jib tower crane and adopted necessary recording and measuring equipment.

Experiment, study, tap, vibration sensor, force, motion, speed.

УДК 631.371

АНАЛІТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ КАРТОПЛЕСОРТУВАЛОК

С.В. Смолінський, кандидат технічних наук

В статті приведено аналітичне дослідження процесу сортування бульб картоплі на поверхні картоплесортувалок із побудовою математичної моделі робочого процесу сортування.

Картоплесортувалка, сортування, бульби картоплі.

Постановка проблеми. Картопля – один з найважливіших продуктів в раціоні людей всього світу, але рівень механізації робіт в картоплярстві залишається ще досить не високим, а затрати праці при збиранні, післязбиральній і передпосадковій обробці картоплі – істотні. Важливе значення для отримання високих і стійких врожаїв картоплі є посадка відсортованого на фракції посадкового матеріалу. Крім того, процес сортування картоплі істотно впливає також на якість зберігання бульб. Для механізації післязбиральної обробки врожаю картоплі із сортуванням їх на фракції застосовують картоплесортувалки різних конструктивних схем і фірм виробників.

Основними типами сортувальних поверхонь, якими обладнують картоплесортувалки, є роликова, транспортерна, грохотна та барабанна. Найбільш поширеними робочими органами для сортування бульб картоплі є роликові та транспортерні, а картоплесортувалки для фермерських господарств обладнують

© С.В. Смолінський, 2014

В статье приведены методика экспериментальных исследований изменения вылета башенного крана с шарнирно-сочлененной стреловой системой, а также измерительно-регистрирующее оборудование, которое при этом используется.

Эксперимент, исследования, кран, колебания, датчик, усилие, движение, частота вращения.

The paper deals with experimental studies of luffing of articulated jib tower crane and adopted necessary recording and measuring equipment.

Experiment, study, tap, vibration sensor, force, motion, speed.

УДК 631.371

АНАЛІТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ КАРТОПЛЕСОРТУВАЛОК

С.В. Смолінський, кандидат технічних наук

В статті приведено аналітичне дослідження процесу сортування бульб картоплі на поверхні картоплесортувалок із побудовою математичної моделі робочого процесу сортування.

Картоплесортувалка, сортування, бульби картоплі.

Постановка проблеми. Картопля – один з найважливіших продуктів в раціоні людей всього світу, але рівень механізації робіт в картоплярстві залишається ще досить не високим, а затрати праці при збиранні, післязбиральній і передпосадковій обробці картоплі – істотні. Важливе значення для отримання високих і стійких врожаїв картоплі є посадка відсортованого на фракції посадкового матеріалу. Крім того, процес сортування картоплі істотно впливає також на якість зберігання бульб. Для механізації післязбиральної обробки врожаю картоплі із сортуванням їх на фракції застосовують картоплесортувалки різних конструктивних схем і фірм виробників.

Основними типами сортувальних поверхонь, якими обладнують картоплесортувалки, є роликова, транспортерна, грохотна та барабанна. Найбільш поширеними робочими органами для сортування бульб картоплі є роликові та транспортерні, а картоплесортувалки для фермерських господарств обладнують

© С.В. Смолінський, 2014

робочими органами барабанного типу. При сортуванні бульб картоплі на фракції може використовуватися також решітчастогвинтовий робочий орган. При цьому сортування бульб картоплі за розмірними характеристиками здійснюється на решітчастій поверхні, що утворена V-подібно встановленими напрямними. Всі типи сортувалок ефективно працюють при попередній підготовці матеріалу до сортування, насамперед, при забезпеченні одношарової подачі на сортувальні поверхні. Крім того, серед перспективних напрямків вдосконалення картоплесортувалок є застосування в їх конструкціях автоматичних пристроїв, що функціонують на основі різних властивостей бульб. Але подібні картоплесортувалки мають високу вартість і складні в обслуговуванні.

Оскільки існує велика кількість різних засобів механізації для сортування картоплі, які внаслідок технічних, технологічних та інших передумов не завжди якісно виконують процес сортування, для вдосконалення існуючих конструкцій та розробки нових технічних пристроїв на даний момент існує потреба в науковому обґрунтуванні робочого процесу картоплесортувалок.

Аналіз останніх досліджень. Проблематиці дослідження технологічного процесу і механізації сортування картоплі присвячені роботи вчених В.П. Горячкина, Е.А. Глухих, Н.Н. Колчина, В.П. Трусова, А.А. Сорокина, Н.П. Настенко, Н.И. Верещагина, Б.М. Юна та інші. Дослідження більшості науковців пов'язані із вибором характеристики бульб, яка дозволила б більш якісно розділити бульби на фракції, або теоретичне і експериментальне дослідження сортування бульб на різних робочих поверхнях сортувалок. Аналіз досліджень вчених свідчать, що жодний геометричний розмір бульби не може бути єдиним при сортуванні.

Останніми п'ятьма роками дослідження картоплесортувалок переважно ґрунтувалися на моделюванні взаємодії бульби із робочим органом із використанням основ кінематики і динаміки твердого тіла (бульба приймалася у формі кулі) з метою обґрунтування параметрів і режимів роботи досліджуваного робочого органу. Орешиним Е.Е. [1] проведено теоретичні і експериментальні дослідження роликowo-дискової сортувальної поверхні. Саврасовою Н.Р. [2] при дослідженні робочого процесу стрічкової картоплесортувалки отримано математичні моделі взаємодії бульб між собою на сортувальній поверхні, що описує процес проходження бульб через шар вороху при опусканні на сортувальну поверхню. Шкляев К.Л. [3] досліджував робочий процес картоплесортувалки роторно-гвинтового типу. При цьому

проаналізовано подачу бульб живильником та рух по поверхні барабана сортувалки.

Дослідженнями німецьких вчених [4] визначено необхідність управління робочим процесом картоплесортувалки на основі математичних моделей процесу і застосуванню мехатронних систем. Ці дослідження мають індивідуальний характер і їх подальше застосування потребує комплексного аналізу. Крім того, процес сортування бульб має випадковий характер, тому необхідно розглядати технологічний процес із застосуванням теорії ймовірності.

Мета досліджень – аналітичне дослідження робочого процесу картоплесортувалок шляхом побудови математичної моделі. Методика досліджень ґрунтується на основах теорії ймовірностей та математичної статистики, враховуючи особливості робочого процесу картоплесортувалки.

Результати досліджень. При розгляді процесу сортування бульб допустимо, що на поверхні робочого органу знаходиться картопляний ворох як суміш бульб із різними розмірно-масовими характеристиками та незначним вмістом домішок (при проведенні дослідження наявністю домішок знехтуємо). Бульби, що знаходиться у воросі, динамічною дією робочого органу (при її наявності) і власної ваги опускаються, безпосередньо контактують із сортувальною поверхнею та рухається по ній. При спів паданні із сортувальним зазором бульба, що відокремилась від вороху, проходить крізь зазор і опиняється за межами сортувальної поверхні. Тому, бульба при русі по сортувальній поверхні перебуває в трьох основних станах: 1) бульба у воросі; 2) бульба проходить через ворох і опиняється безпосередньо на сортувальній поверхні; 3) бульба проходить через зазори сортувальної поверхні і виноситься за межі сортувалки.

При роботі картоплесортувалки на її робочу поверхню подаються бульби I, II та III фракцій із подачею відповідно $q_I = \frac{dm_I}{dt}$, $q_{II} = \frac{dm_{II}}{dt}$, $q_{III} = \frac{dm_{III}}{dt}$. Наявність домішок при цьому виключатимемо. Отже, подача бульб на I ступінь сортування складатиме

$$\frac{dM_0}{dt} = \frac{dm_I}{dt} + \frac{dm_{II}}{dt} + \frac{dm_{III}}{dt}. \quad (1)$$

При проходженні по поверхні I ступені сортування відокремлюватимуться бульби фракції I із інтенсивністю сортування Δq_I . Тоді на II ступінь сортування подаватиметься картопляний ворох із подачею $\frac{dM_I}{dt} = \frac{dm_I}{dt} - \Delta q_I + \frac{dm_{II}}{dt} + \frac{dm_{III}}{dt}$. Після проходження II

ступені, де відокремлюватиметься фракція II із інтенсивністю Δq_{II} , на III ступінь подаватиметься ворох із подачею $\frac{dM_{II}}{dt} = \frac{dm_I}{dt} - q_I + \frac{dm_{II}}{dt} - \Delta q_{II} + \frac{dm_{III}}{dt}$. В більшості випадків III ступінь являє собою перебиральний стіл, де вручну або за допомогою автоматичних пристроїв відокремлюватимуться маточні, гнилі та пошкодженні бульби. Якщо допустити відсутність таких складових, то умова ефективної роботи картоплесортувалки запишуватиметься у вигляді виразу:

$$\frac{dm_I}{dt} - \Delta q_I + \frac{dm_{II}}{dt} - q_{II} = 0. \quad (2)$$

або

$$\frac{dm_{III}}{dt} = \frac{dM_0}{dt} - \Delta q_I - \Delta q_{II}. \quad (3)$$

Масові інтенсивності сортування бульб на I ступені - Δq_I та на II ступені - Δq_{II} визначимо на основі рівняння просіювання у вигляді [5]

$$\Delta q_I = \frac{dm_I}{dt} \cdot [1 - e^{-\mu_I X_I}], \quad \Delta q_{II} = \frac{dm_{II}}{dt} \cdot [1 - e^{-\mu_{II} X_{II}}], \quad (4)$$

де μ_I, μ_{II} - інтенсивність просіювання I та II фракції на I та II ступені сортування відповідно.

Найбільш доцільно для опису динаміки сортування скористаємося ймовірнісними рівняннями Колмогорова [6, 7, 8]. Ймовірності розглядатимемо в залежності від узагальненої координати q переміщення матеріалу по сортувальній поверхні (можуть визначатися як лінійною, так і кутовою координатами). Вигляд рівняння Колмогорова для даного процесу матиме вигляд:

$$\begin{cases} \frac{d}{dq} P_1(q) = -k_{12} P_1(q), \\ \frac{d}{dq} P_2(q) = k_{12} P_1(q) - k_{23} P_2(q), \\ \frac{d}{dq} P_3(q) = k_{23} P_2(q), \end{cases} \quad (5)$$

де $P_1(q), P_2(q), P_3(q)$ - ймовірність знаходження бульби у відповідному стані. При чому, для певного моменту часу $P_1 + P_2 + P_3 = 1$; $P_{12}(q), P_{23}(q)$ - ймовірність переходу бульби із одного в інший стан; k_{12}, k_{23} - інтенсивності переходів бульб із одного в інший стани.

На значення ймовірностей переходу бульб із одного в інший стан істотний вплив мають розмірно-масові характеристики бульб (ймовірність знаходження бульб у відповідному розмірному інтервалі) та їх форма (ймовірність переходів досить висока для круглих бульб, дещо нижча - для бульб еліпсоїдної форми і найнижча - для бульб неправильної форми).

Для визначення інтенсивності переходів бульб із одного в інший стан k_{12}, k_{23} доцільно розглянути динаміку проходження бульб крізь ворох (тобто, опускання на сортувальну поверхню) та взаємодію бульби із сортувальною поверхнею і проходження через зазор у цій поверхні. Ці задачі знайшли часткове рішення у роботах П.М. Заїки, О.І. Завгороднього та інших щодо сортування зерна.

Повна ймовірність проходження бульби певного розміру із урахуванням взаємодії із іншими бульбами, фракційного складу вороху та форми бульб складатиме:

$$\begin{aligned} P_2 &= P_F \cdot P(D_I^{MIN} < D_I < D_I^{MAX}) \cdot P_{12}(q), \\ P_3 &= P_F \cdot P(D_{II}^{MIN} < D_{II} < D_{II}^{MAX}) \cdot P_{23}(q), \end{aligned} \quad (6)$$

де P_F – умовна ймовірність відповідності бульби кулястій формі; $P(D_I^{MIN} < D_I < D_I^{MAX})$, $P(D_{II}^{MIN} < D_{II} < D_{II}^{MAX})$ – умовна ймовірність відповідності розміру бульб I і II фракцій розмірам зазорів сортувальної поверхні.

При цьому, розподіл бульб за формою (по коефіцієнту форми F , який застосував вперше академік В.П.Горячкін [9]) та розмірами описуватиметься згідно закону нормального розподілу рівняннями

$$\begin{cases} Y_F = \frac{1}{\sigma_F \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(\bar{F}-F)^2}{2\sigma_F^2}}, \\ Y_{D_I} = \frac{1}{\sigma_{D_I} \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\bar{D}-D_I)^2}{2\sigma_{D_I}^2}}, \\ Y_{D_{II}} = \frac{1}{\sigma_{D_{II}} \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\bar{D}_{II}-D_{II})^2}{2\sigma_{D_{II}}^2}}, \end{cases} \quad (7)$$

Система отриманих виразів (1)-(7) є узагальненою математичною моделлю процесу сортування бульб. При аналізі даної системи стає можливим дослідження впливу різноманітних факторів: властивостей бульб, режимів роботи сортувалок, подачі тощо на якість сортування різними типами машин, а також оперативне керування їх робочим процесом.

Висновок. На основі проведеного аналізу встановлено, що робочий процес картоплесортувалок являє собою послідовне розділення компонентних сумішей із різним фракційним складом. Враховуючи варіації властивостей вороху, що подається на поверхню картоплесортувалок, найбільш доцільно розглядати сортування як випадковий процес. В результаті проведених досліджень побудовано математичну модель робочого процесу картоплесортувалок на основі теорії ймовірності та математичної статистики.

Список літератури

1. Орешкин Е.Е. Повышение эффективности сортирования картофеля путем оптимизации параметров и режимов работы роликово-дисковой сортирующей поверхности / Е.Е. Орешкин // Автореферат дисс. канд. техн. наук. – Санкт-Петербург, 2009. – 18 с.
2. Саврасова Н.Р. Совершенствование процесса калибрования картофеля на основании моделирования работы ленточного сортирующего устройства / Н.Р. Саврасова // Автореферат дисс. канд. техн. наук. – Челябинск, 2011. – 25 с.
3. Шкляев К.Л. Обоснование параметров и режимов работы сортировки клубней картофеля роторно-винтового типа / К.Л. Шкляев // Автореферат дисс. канд. техн. наук. – Киров, 2011. – 19 с.
4. Hoppe U. Innovative Ansätze zur Verbesserung des Nachernte-Sortierprozesses von Kartoffeln / U. Hoppe, M. Huesing, B. Corves // VDI-Landtechniktagung, 2004. – P. 114–119.
5. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины / Под общ. ред. Г.Е. Листопада. – М.: Агропромиздат, 1986. – 688 с.
6. Алферов Г.С. Динамика сепарации почвы в корнеклубнеуборочных машинах. / Г.С. Алферов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2003. – №5. – С. 27–32.
7. Вентцель Г.С. Теория вероятностей / Г.С. Вентцель. – М.: Наука, 1969. – С. 34.
8. Скороход А.В. Елементи теорії ймовірностей та випадкових процесів / А.В. Скороход. – К.: Вища школа, 1975. – 295 с.
9. Горячкин В.П. О сортировании картофеля / В.П. Горячкин // Полное собрание сочинений в 3 томах. Т.3. – М.: Колос, 1965. – С. 190–202.

В статье проведено аналитическое исследования процесса сортировки картофеля на поверхности картофелесортировки с построением математической модели рабочего процесса сортирования.

Картофелесортировка, сортирование, клубни картофеля.

There are described in paper the results of analytic research of potatoes sorting as mathematical model.

Potatoes sorter, sorting, potatoes tuber.

УДК 621.87

СТІЙКІСТЬ ДИНАМІЧНОЇ СИСТЕМИ ВІЗОК-ВАНТАЖ ЗА ОПТИМАЛЬНОГО ДИНАМІЧНОГО РЕЖИМУ РУХУ

***В.С. Ловейкін, доктор технічних наук
О.Г. Шевчук, магістр***

© В.С. Ловейкін, О.Г. Шевчук, 2014

Список літератури

1. Орешкин Е.Е. Повышение эффективности сортирования картофеля путем оптимизации параметров и режимов работы роликово-дисковой сортирующей поверхности / Е.Е. Орешкин // Автореферат дисс. канд. техн. наук. – Санкт-Петербург, 2009. – 18 с.
2. Саврасова Н.Р. Совершенствование процесса калибрования картофеля на основании моделирования работы ленточного сортирующего устройства / Н.Р. Саврасова // Автореферат дисс. канд. техн. наук. – Челябинск, 2011. – 25 с.
3. Шкляев К.Л. Обоснование параметров и режимов работы сортировки клубней картофеля роторно-винтового типа / К.Л. Шкляев // Автореферат дисс. канд. техн. наук. – Киров, 2011. – 19 с.
4. Hoppe U. Innovative Ansätze zur Verbesserung des Nachernte-Sortierprozesses von Kartoffeln / U. Hoppe, M. Huesing, B. Corves // VDI-Landtechniktagung, 2004. – P. 114–119.
5. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины / Под общ. ред. Г.Е. Листопада. – М.: Агропромиздат, 1986. – 688 с.
6. Алферов Г.С. Динамика сепарации почвы в корнеклубнеуборочных машинах. / Г.С. Алферов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2003. – №5. – С. 27–32.
7. Вентцель Г.С. Теория вероятностей / Г.С. Вентцель. – М.: Наука, 1969. – С. 34.
8. Скороход А.В. Елементи теорії ймовірностей та випадкових процесів / А.В. Скороход. – К.: Вища школа, 1975. – 295 с.
9. Горячкин В.П. О сортировании картофеля / В.П. Горячкин // Полное собрание сочинений в 3 томах. Т.3. – М.: Колос, 1965. – С. 190–202.

В статье проведено аналитическое исследования процесса сортировки картофеля на поверхности картофелесортировки с построением математической модели рабочего процесса сортирования.

Картофелесортировка, сортирование, клубни картофеля.

There are described in paper the results of analytic research of potatoes sorting as mathematical model.

Potatoes sorter, sorting, potatoes tuber.

УДК 621.87

СТІЙКІСТЬ ДИНАМІЧНОЇ СИСТЕМИ ВІЗОК-ВАНТАЖ ЗА ОПТИМАЛЬНОГО ДИНАМІЧНОГО РЕЖИМУ РУХУ

***В.С. Ловейкін, доктор технічних наук
О.Г. Шевчук, магістр***

© В.С. Ловейкін, О.Г. Шевчук, 2014

В статті досліджено стійкість динамічної системи візок-вантаж за оптимального динамічного режиму руху при зміні частоти власних коливань системи та співвідношення між масами візка та вантажу. Визначено області значень цих параметрів які забезпечують реалізацію оптимального режиму руху за динамічним критерієм. Результати розв'язку показані графічними залежностями.

Візок, вантаж, коливання, оптимальний режим, динамічна стійкість.

Постановка проблеми. Під час руху кранового візка виникають коливання вантажу, що зменшують продуктивність перевантажувальних операцій. Крім того у перехідних режимах руху візка (пуск, гальмування) виникають динамічні навантаження, що діють на деталі механізму та металоконструкцію крана і впливають на його ресурс. Ці навантаження разом з коливаннями вантажу зменшують надійність роботи машини та призводять до передчасного виходу з ладу механізмів крана та втомленого руйнування металоконструкції крана [1-6].

Аналіз останніх досліджень. Для зниження динамічних навантажень та усунення коливань вантажу використовують програмні режими руху механізмів вантажопідйомних машин [8-10]. Режими руху визначаються варіаційними методами [7] за прийнятими критеріями оптимізації.

Так у роботі [8] викладена класифікація критеріїв оптимізації вантажопідйомних кранів як динамічних систем. Приводяться рекомендації, щодо використання критеріїв для того чи іншого кранового механізму та режиму його роботи.

Наведено методику розв'язання оптимізаційної задачі за допомогою прямого варіаційного методу, який дозволяє врахувати вимоги, які ставляться до режимів руху механічних одномасових систем та встановлено, що покращення плавності руху системи впливає на величину критерію у роботі [9].

В статті [10] наведено спосіб зменшення коливань вантажу на гнучкому підвісі при роботі механізму повороту стрілового крана під час перехідних процесів шляхом оптимізації режиму пуску та гальмування за динамічним критерієм.

У зазначених вище роботах розв'язані варіаційні задачі по усуненню коливань вантажу та зниженню динамічних навантажень у механізмах під час перехідних режимів руху для конкретних параметрів вантажопідйомних машин.

Проте вплив параметрів на оптимальний режим руху в таких роботах не розглядався.

Мета досліджень – дослідити вплив таких параметрів як відношення між масами візка та вантажу та частоти власних коливань на стійкість динамічної системи візок-вантаж за оптимальним динамічним режимом руху під час пуску.

Результати досліджень. Для оптимізації за динамічним критерієм кранового візка з гнучким підвісом вантажу вибрана двомасова динамічна модель, яка показана на рис. 1 [10]. Вона складається з візка масою m_1 , і вантажу масою m_2 , підвішеному на гнучкому підвісі довжиною l . На візок діють рушійна сила F і зусилля статичного опору F_0 . Вважаємо, що канат нерозтяжний, невагомий і абсолютно гнучкий, маса вантажу зосереджена в одній точці, коливання вантажу малі й відбуваються лише в площині руху візка. Маса привідного механізму зведена до маси візка і зосереджена в його центрі мас. Пружністю елементів привідного механізму нехтуємо, оскільки частоти їхніх коливань приблизно на порядок більші за частоту коливань вантажу і на коливання останнього не впливають. На основі рівняння Лагранжа другого роду складено рівняння руху цієї системи:

$$\begin{cases} m_1 \ddot{x}_1 = F - \frac{mg}{l}(x_1 - x) - F_0; \\ \ddot{x} = \frac{g}{l}(x_1 - x), \end{cases} \quad (1)$$

де x, x_1 – лінійні координати переміщення вантажу та візка; g – прискорення вільного падіння.

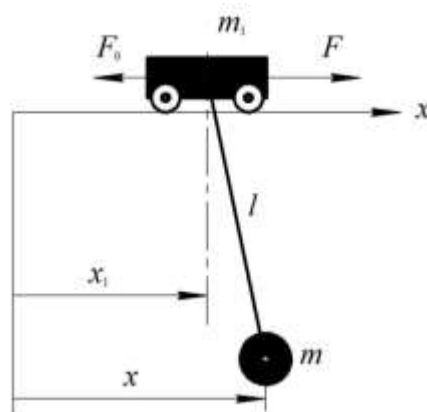


Рис. 1. Двомасова динамічна модель вантажного візка.

З другого рівняння системи (1) запишемо:

$$x_1 = x + \frac{l}{g} \ddot{x}; \quad \dot{x}_1 = \dot{x} + \frac{l}{g} \ddot{x}; \quad \ddot{x}_1 = \ddot{x} + \frac{l}{g} x^{IV}. \quad (2)$$

За критерій оптимізації приймемо мінімізацію середнього значення «енергії» прискорень протягом розгону кранового візка [11]

$$I_V = \frac{1}{t_1} \int_0^{t_1} V dt \rightarrow \min, \quad (3)$$

де t – час; t_1 – тривалість руху; V – «енергія» прискорень [12].

Для вибраної динамічної моделі запишемо вираз для «енергії» прискорень:

$$V = \frac{1}{2} m_1 \ddot{x}_1^2 + \frac{1}{2} m \ddot{x}^2 = \frac{1}{2} m_1 \left(\ddot{x} + \frac{l}{g} x^{IV} \right)^2 + \frac{1}{2} m \ddot{x}^2. \quad (4)$$

Умова мінімуму критерію (3) є рівняння Пуассона [7]:

$$\frac{\partial V}{\partial x} - \frac{d}{dt} \frac{\partial V}{\partial \dot{x}} + \frac{d^2}{dt^2} \frac{\partial V}{\partial \ddot{x}} - \frac{d^3}{dt^3} \frac{\partial V}{\partial \ddot{x}} + \frac{d^4}{dt^4} \frac{\partial V}{\partial x^{IV}} = 0. \quad (5)$$

Після підстановки виразу (4) в умову (5) будемо мати:

$$m_1 \frac{l^2}{g^2} x^{VIII} + 2m_1 \frac{l}{g} x^{VI} + (m_1 + m) x^{IV} = 0. \quad (6)$$

Розділимо усі члени рівняння (6) на коефіцієнт біля старшої похідної та зробимо заміни $\frac{g}{l} = k^2$ та $\frac{m}{m_1} = \bar{m}$, після чого отримаємо:

$$x^{VIII} + 2k^2 x^{VI} + (1 + \bar{m}) k^4 x^{IV} = 0, \quad (7)$$

де k – частота власних коливань системи; $\bar{m}$ – відношення маси вантажу до маси візка.

Розв'яжемо рівняння (7) для ділянки пуску за такими початковими і кінцевими умовами руху:

$$t = 0: x = 0; \dot{x}_1 = 0; \ddot{x} = 0; \dot{x}_1 = 0; t = t_1: \dot{x} = v; \dot{x}_1 = v; \ddot{x} = 0; \ddot{x}_1 = 0. \quad (8)$$

Перепишемо крайові умови руху (8) з врахуванням (2):

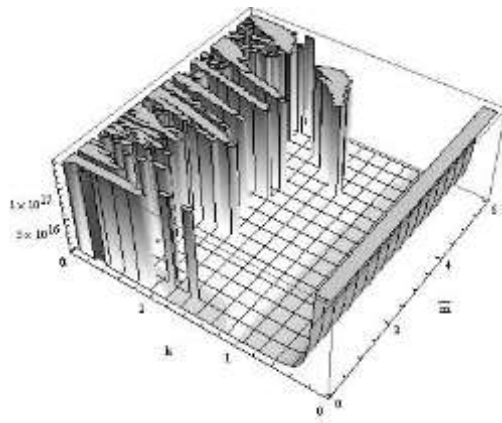
$$t = 0: x = 0; \dot{x} = 0; \ddot{x} = 0; \ddot{x} = 0; t = t_1: \dot{x} = v; \ddot{x} = 0; \ddot{x} = 0; x^{IV} = 0. \quad (9)$$

Розв'яжемо рівняння (7) при таких параметрах системи:

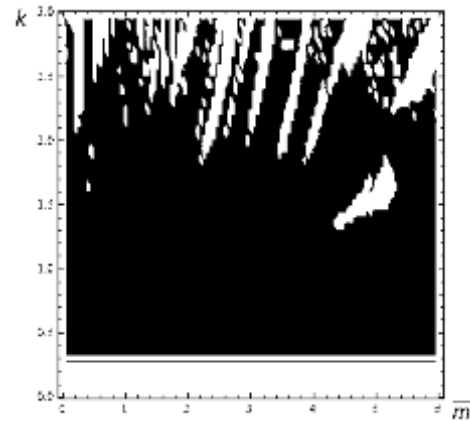
$$t_1 = 3c; v = 0,5 \text{ м/с}; g = 9,8 \text{ м/с}^2; \quad (10)$$

Побудуємо діаграму значень функціоналу (3) при різних значеннях параметрів k та $\bar{m}$.

На чорній області (рис. 3,б) значення функціоналу I_V знаходяться в межах від п'ятого до шостого порядку, а на білих – від чотирнадцятого до двадцять першого, тобто на комбінаціях параметрів k та $\bar{m}$ в чорній області забезпечується оптимізація кранового візка з гнучким підвісом вантажу з урахуванням параметрів (10). Покажемо два приклади значень параметрів k , $\bar{m}$ та I_V (табл.). Як видно з першого прикладу при незначній зміні співвідношення між масами вантажу та візка при постійній власній частоті коливань системи k значення функціоналу різко збільшується. В другому прикладі також значення функціоналу збільшується при незначній зміні параметру k та постійному $\bar{m}$.



а)



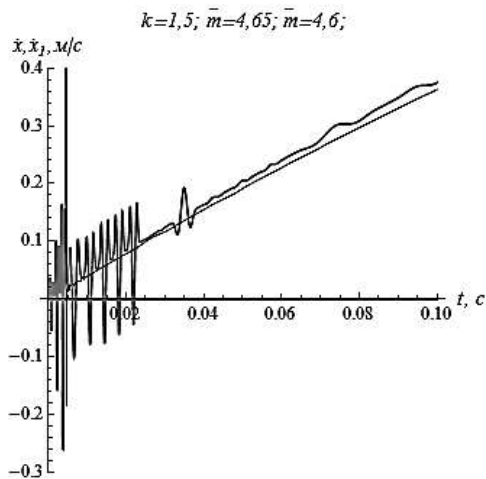
б)

Рис. 2. Діаграма значень параметрів, при яких можлива оптимізація (а); (б) розріз діаграми по площині $k \bar{m}$.

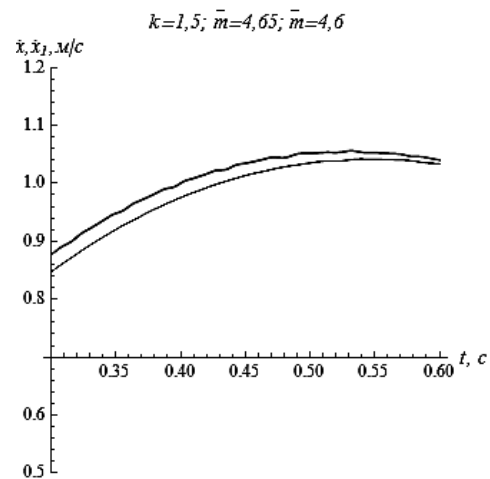
Приклади значень параметрів k , $\bar{m}$ та I_V .

Приклад		$\bar{m}$	k	I_V
1	а	4,6	1,5	59672,9
	б	4,65	1,5	$5,66834 \cdot 10^{21}$
2	а	1,7	1,05	230713
	б	1,7	1	$2,53425 \cdot 10^{14}$

Побудуємо графіки швидкості візка використовуючи параметри що наведені у таблиці для першого прикладу.



а)



б)

Рис. 3. Графік зміни швидкості візка.

З графіків видно нерівномірність швидкості руху візка на початку руху (період 0-0,02 с) спостерігається реверсний рух візка що переходить у нерівномірний поступальний (рис. 3,а), нерівномірність руху візка з часом зменшується проте триває

протягом усього періоду руху (рис. 3,б). У той час як при значеннях параметрів прикладу 1б (табл.), зберігається рівномірність руху.

Висновок. Теоретичні дослідження стійкості параметрів кранового візка з гнучким підвісом вантажу як динамічної системи при оптимальному динамічному режимі руху показали, що існують ділянки значень параметрів k та $\bar{m}$, на яких оптимізація за динамічним критерієм не дає бажаного результату. Для усунення таких недоліків потрібно приймати значення усталеної швидкості візка та періоду розгону у відповідності до частоти власних коливань та мас кранового візка та вантажу, що дає можливість значно підвищити надійність роботи вантажопідйомних кранів з гнучким підвісом вантажу.

Список літератури

1. Григоров О.В. Динамічні навантаження у вантажопідйомних машинах / О.В. Григоров, В.В. Офій, А.С. Рахманий. – Харків: НТУ «ХПІ», 2006. – 69с.
2. Казак С.А. Динамика мостовых кранов / С.А. Казак. – М.: Машиностроение. – 1968. – 332 с.
3. Лобов Н.А. Динамика грузоподъемных кранов / Н.А. Лобов. – М: Машиностроение, 1987. – 160 с.
4. Сергеев С.Т. Надёжность и долговечность подъёмных кранов / С.Т. Сергеев. – К.: Техніка, 1968. – 238 с.
5. Будіков Л.Я. Багатопараметричний аналіз динаміки вантажопідйомних кранів мостового типу / Л.Я. Будіков. – Луганськ: Вид-во СНУ ім. В. Даля, 2003. – 210 с.
6. Смехов А.А. Оптимальное управление подъемно-транспортных машин / А.А. Смехов, Н.И. Ерофеев. – М.: Машиностроение, 1975. – 239 с.
7. Эльсгольц Л.Э. Дифференциальные уравнения и вариационное исчисление / Л.Э. Эльсгольц. – М.: Наука, 1969. – 424 с.
8. Ловейкін В.С., Ромасевич Ю.О., 2012. Класифікація критеріїв оптимізації режимів руху вантажопідйомних машин // Вісник ХНТУСГ. – №24. – т. 2 URL: http://khntusg.com.ua/files/sbornik/vestnik_124-2/43.pdf (дата звернення 13.03.2014).
9. Ловейкін В.С. Оптимізація розгону одномасових механічних систем прямим варіаційним методом / В.С. Ловейкін, Ю.О. Ромасевич // Автоматизація виробничих процесів у машинобудуванні та приладобудуванні. – 2011. – №45. – С. 96–102.
10. Ловейкін В.С. Оптимизация динамического режима поворота стрелового крана / В.С. Ловейкін, В.А. Мельниченко // Motrol. – 2013. – Vol 15. – №3. – Р. 70–75.
11. Ловейкин В.С. Расчеты оптимальных режимов движения механизмов строительных машин / В.С. Ловейкин. – К.: УМК ВО, 1990. – 168 с.
12. Горский Б.Е. Динамическое совершенствование механических систем / Б.Е. Горский. – К.: Тэхніка, 1987. – 200 с.

В статье исследовано влияние частоты собственных колебаний и соотношение между массами тележки и груза на оптимальный динамический режим движения. Определены

области значений этих параметров обеспечивающих реализацию оптимального режима движения по динамическому критерию. Результаты решения показаны графическими зависимостями.

Тележка, груз, колебания, оптимальный режим, устойчивость параметров.

These papers investigate impact of natural oscillations frequency and ratio between masses of trolley and load optimal dynamic motion. Areas of these parameters values which support optimal mode of motion for dynamic criteria. The results are shown graphically.

Trolley, cargo, oscillations, optimal mode, parameters stability.

УДК: 631.356.262

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ПРОЦЕСУ ВІДОКРЕМЛЕННЯ ДОМІШОК ВІД КОРЕНЕПЛОДІВ

**В.М. Барановський, доктор технічних наук
Тернопільський національний технічний університет
імені Івана Пулюя**

Наведено метод розробки детермінованих математичних моделей, які описують інтенсифікацію процесу відокремлення домішок від вороху коренеплодів комбінованими робочими органами транспортно-технологічних систем адаптованої коренезбиральної машини.

Ворох коренеплодів, технологічний процес, потік, вхідна маса, компоненти домішок, диференціальне рівняння.

Постановка проблеми. Головним критерієм подальшої інтенсифікації сучасного розвитку агропромислового виробництва є матеріально-технічна база механізації всіх виробничих процесів на основі забезпечення розробки та впровадження сучасних високоефективних ресурсозберігаючих технологій збирання продукції сільськогосподарських культур [1].

У технологічному процесі виробництва коренеплодів, а саме цукрових, кормових, столових буряків і моркви, які є цінними сировинними, кормовими та харчовими культурами, однією з найбільш трудомістких операцій є механізоване збирання, на яке припадає близько 25...40 % усіх затрат праці.

© В.М. Барановський, 2014

области значений этих параметров обеспечивающих реализацию оптимального режима движения по динамическому критерию. Результаты решения показаны графическими зависимостями.

Тележка, груз, колебания, оптимальный режим, устойчивость параметров.

These papers investigate impact of natural oscillations frequency and ratio between masses of trolley and load optimal dynamic motion. Areas of these parameters values which support optimal mode of motion for dynamic criteria. The results are shown graphically.

Trolley, cargo, oscillations, optimal mode, parameters stability.

УДК: 631.356.262

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ПРОЦЕСУ ВІДОКРЕМЛЕННЯ ДОМІШОК ВІД КОРЕНЕПЛОДІВ

**В.М. Барановський, доктор технічних наук
Тернопільський національний технічний університет
імені Івана Пулюя**

Наведено метод розробки детермінованих математичних моделей, які описують інтенсифікацію процесу відокремлення домішок від вороху коренеплодів комбінованими робочими органами транспортно-технологічних систем адаптованої коренезбиральної машини.

Ворох коренеплодів, технологічний процес, потік, вхідна маса, компоненти домішок, диференціальне рівняння.

Постановка проблеми. Головним критерієм подальшої інтенсифікації сучасного розвитку агропромислового виробництва є матеріально-технічна база механізації всіх виробничих процесів на основі забезпечення розробки та впровадження сучасних вискоєфективних ресурсозберігаючих технологій збирання продукції сільськогосподарських культур [1].

У технологічному процесі виробництва коренеплодів, а саме цукрових, кормових, столових буряків і моркви, які є цінними сировинними, кормовими та харчовими культурами, однією з найбільш трудомістких операцій є механізоване збирання, на яке припадає близько 25...40 % усіх затрат праці.

© В.М. Барановський, 2014

Проблема підвищення технічного рівня КМ, основними критеріями оцінки яких є показники якості викопування та відокремлення домішок від коренеплодів, залишається особливо актуальною в плані подальшого розвитку коренезбиральної техніки, розвиток і виробництво якої в Україні за останні роки практично припинили.

Сучасні напрямки розвитку коренезбиральних машин (КМ) передбачають розробку та впровадження в аграрне виробництво енергозберігаючих машин, які є адаптованими до одночасного збирання коренеплодів різних культур адаптованою коренезбиральною машиною (АКМ) [2].

Аналіз останніх досліджень. Результати, які наведені в працях [3, 4, 5, 6] цілісно характеризують тільки основні принципи функціонування викопувальних і очисних робочих органів без критеріального аналізу загальних тенденцій та шляхів підвищення інтенсифікацій процесу очищення коренеплодів від домішок, або показників якості роботи АКМ.

У загальному контексті складність очищення вороху коренеплодів (ВК), який викопується робочими органами із ґрунтово-коренеплідного середовища, функціонально пов'язана з необхідністю значного відокремлення різних за своїми фізико-механічними станами та властивостями ґрунтових і рослинних домішок (4...8 кг/п.м), які перебувають відносно коренеплодів у вільному (сипучий ґрунт, дрібні (20...50 мм) і крупні (до 100 мм) грудки ґрунту, втрачена гичка, бур'яни) та зв'язаному (налиплий ґрунт на бічній поверхні тіла і залишки гички на головках коренеплодів) станах [7]. Тому розробку та вдосконалення конструктивно-компонувальних схем АКМ та обґрунтування параметрів їх робочих органів необхідно проводити з урахуванням специфічних властивостей даного середовища, що є особливо важливим і актуальним для очисників вороху, на які надходить доволі значна кількість домішок ВК (домішок ґрунту – до 80...90 %, в тому числі налиплого ґрунту – до 3...5 %; рослинних домішок – до 10...15 %; залишків гички на головках коренеплодів – 5...10 % відносно відсоткового значення сумарних домішок ВК, які становлять 30...40 % залежно від умов роботи КМ [7]) і, які необхідно відокремити від коренеплодів, забезпечивши при цьому необхідні показники якості роботи згідно з агротехнічними вимогами.

Мета досліджень. Підвищення показників технологічного процесу збирання коренеплодів шляхом розробки та оптимізації параметрів комбінованих робочих органів АКМ.

Дані дослідження є подальшим розвитком методології та методики технологічних аспектів розробки технологічних процесів

функціонування робочих органів транспортно-технологічних систем (ТТС) АКМ, які призначені для одночасного збирання коренеплодів цукрових, кормових, столових буряків і моркви.

Результати досліджень. Для забезпечення збирання коренеплодів цукрових, кормових, столових буряків і моркви однією коренезбиральною машиною було розроблено конструктивно-технологічну схему АКМ (рис. 1), яку побудовано за блочно-модульним принципом. Вона складається з послідовно розташованих блоків ТТС: адаптованого викопувального транспортно-очисного комбінованого робочого органу (АВТОКРО) 1, з'єднувальної транспортної системи (ЗТС) 2, адаптованого транспортно-очисного комбінованого робочого органу (АТОКРО) 3, вивантажувальної транспортної системи (ВТС) 4.

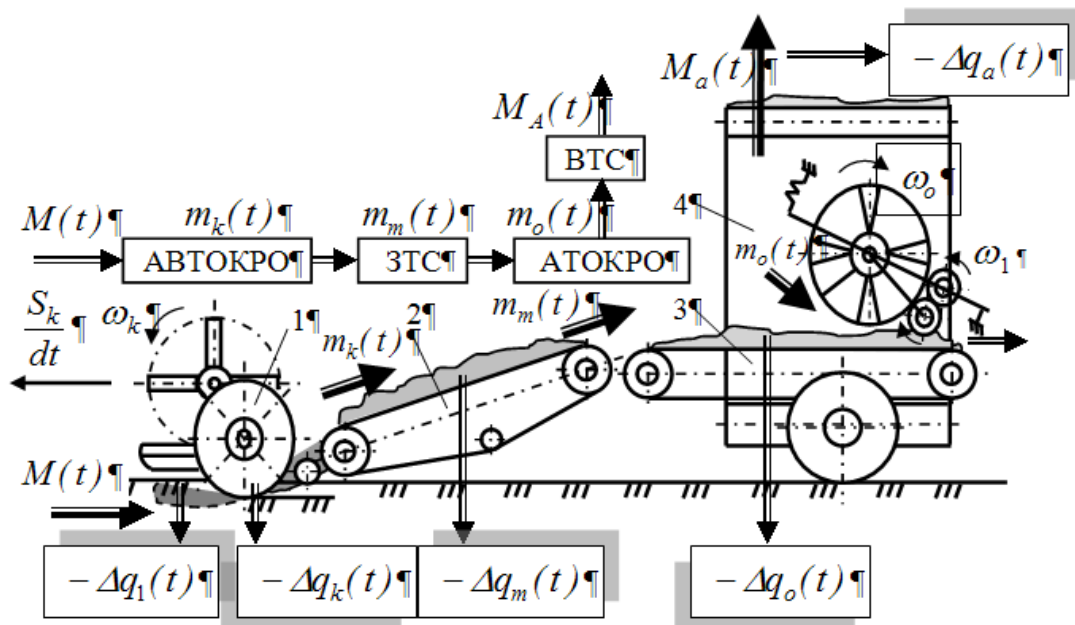


Рис. 1. Конструктивно-функціональна схема інтенсифікації процесу відокремлення домішок від вороху коренеплодів.

Функціональна схема інтенсифікації процесу відокремлення домішок від коренеплодів робочими органами АКМ передбачає основні три стадії та один заключний етап очищення викопаного ВК від домішок: стадія інтенсифікації очищення викопаного ВК від домішок у процесі його викопування робочими органами АВТОКРО 1; відокремлення дрібних вільних домішок у процесі їх переміщення з'єднувальною ланкою ЗТС 2, яка розташована між АВТОКРО і АТОКРО 3; стадія інтенсифікації відокремлення домішок від ВК у процесі його очищення робочими органами АТОКРО; кінцевий етап відокремлення вільних домішок у процесі завантаження коренеплодів робочими органами ВТС 4.

Для побудови детермінованої математичної моделі технологічного процесу інтенсифікації відокремлення домішок від ВК ТТС АКМ змодельюємо функціональний процес роботи АКМ у вигляді складної динамічної технічної системи. Ланкова блок-схема інтенсифікації процесу відокремлення домішок від ВК робочими органами ТТС АКМ наведена на рис. 2.

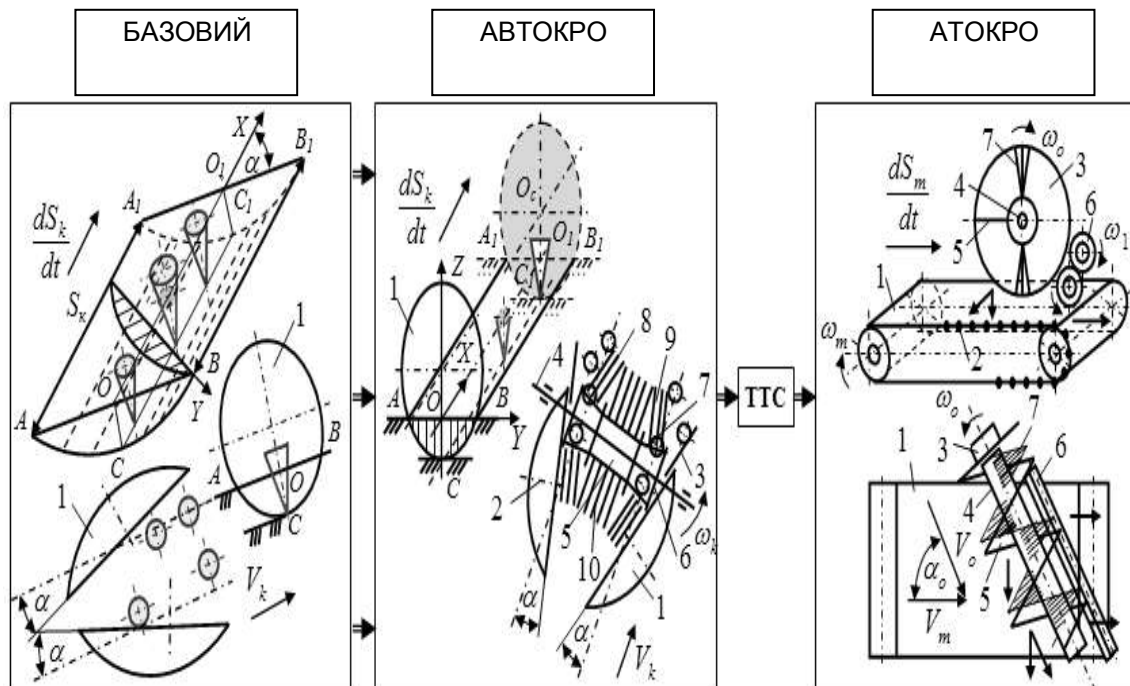


Рис. 2. Ланкова блок-схема інтенсифікації процесу відокремлення домішок від ВК: АВТОКРО: 1 – сферичний диск; 2 – вісь обертання диска; 3 – корененапрямок; 4 – приводний вал; 5 – трисекційний барабан; 6 – фланець; 7 – вісь; 8, 9, 10 – відповідно, пружна лопать лівої, правої, середньої секції; АТОКРО: 1 – подавальний транспортер; 2 – пруток; 3 – шнек; 4 – барабан; 5 – виток шнека; 6 – відминальні вальці; 7 – пружні очисні елементи.

Інтенсифікація процесу відокремлення домішок від ВК робочими органами АКМ наступна. Під час руху АКМ сферичний диск 1 (рис. 2) викопує ВК у кількості $M(t)$ (рис. 1), який надходить до робочих органів АВТОКРО 1, де частина домішок у кількості $-\Delta\bar{q}_k(t)$ відокремлюється від ВК, тобто відбувається перша стадія відокремлення ґрунтових і рослинних домішок від коренеплодів, яка реалізується наступним чином: шляхом просіювання частини викопаного вільного сипкого ґрунту та вільних дрібних рослинних домішок у процесі поступального та обертального рухів диска; шляхом відокремлення від коренеплодів залишків гички з їх головок і налиплого ґрунту за рахунок контактної взаємодії пружних лопатей

9, 10 (рис. 2) приводного вала 4. На другій стадії ВК у кількості $m_k(t)$ (рис. 1) надходить до ЗТС 2, де частина домішок у кількості $-\Delta q_m(t)$ відокремлюється від ВК за рахунок часткового просіювання дрібних вільних ґрунтових і рослинних домішок у зазори між прутками транспортера. У подальшому ВК у кількості $m_n(t)$ переміщується до робочих органів АТОКРО 3, де частина домішок у кількості $-\Delta q_o(t)$ відокремлюється від ВК, тобто відбувається третя стадія відокремлення ґрунтових і рослинних домішок від коренеплодів, яка реалізується наступним чином: шляхом просіювання частини вільного сипкого ґрунту та вільних дрібних рослинних домішок у зазори між прутками 2 (рис. 2) подавального транспортера 1, або виноситься ним за межі АКМ через зазор між нижнім відминальним вальцем 6 і робочою гілкою транспортера 1; шляхом відокремлення від коренеплодів налиплого ґрунту та залишків гички з їх головок за рахунок, відповідно, контактної взаємодії пружних очисних елементів 7 і видалення залишків гички методом відминання відминальними вальцями 6. Далі ВК у кількості $m_o(t)$ надходить до робочих органів ВТС 4 (рис. 1), де частина домішок у кількості $-\Delta \bar{q}_a(t)$ відокремлюється від ВК, тобто відбувається заключний етап відокремлення вільних ґрунтових і рослинних домішок від ВК за рахунок їх просіювання під час завантаження ВК у кількості $M_a(t)$ у транспортний засіб.

Вважаємо, що перед початком викопування коренеплодів АКМ вхідна маса ВК, яка зв'язана з часом t і шириною захвату АВТОКРО, або з адекватною кількістю рядків N_k , що викопуються одночасно становить $M(t)$ та складається із суми вхідної маси коренеплодів $m_1(t)$ та сумарної маси домішок $m_2(t)$. Приймаємо базове припущення, що маса коренеплодів $m_1(t)$ у процесі їх переміщення робочими органами АКМ змінюється тільки під час викопування АВТОКРО (втрати), а складовими компонентами $m_2(t)$ є вільні та зв'язані з коренеплодами сумарні ґрунтові $m_p(t)$ та сумарні рослинні $m_r(t)$ домішки.

У загальному контексті на основі рівняння балансу мас зміна загальної подачі вхідної маси ВК $M(t)$ до АВТОКРО за час t описується тотожністю

$$\begin{aligned} \frac{dM}{dt} &= \frac{dm_1}{dt} + \frac{dm_2}{dt} = \frac{dm_1}{dt} + \frac{d(m_p + m_r)}{dt} = \\ &= \frac{dm_1}{dt} + \frac{d(m_{1p} + m_{2p} + m_{3p} + m_{1r} + m_{2r})}{dt}, \end{aligned} \quad (1)$$

де m_1 , m_2 – вхідна маса коренеплодів і домішок, які викопуються

робочими органами АВТОКРО; m_p , m_p – вхідна маса сумарних ґрунтових і рослинних домішок; m_{1p} , m_{2p} , m_{3p} – вхідна маса вільного сипучого ґрунту, грудок ґрунту та налиплого ґрунту на підземній частині коренеплодів; m_{1p} , m_{2p} – вхідна маса вільних рослинних домішок і залишків гички на головках коренеплодів.

Рівняння матеріального балансу зміни потоку технологічної маси протягом часу t згідно з [8] кожної стадії інтенсифікації процесу відокремлення домішок від викопаного ВК (рис. 1) мають вигляд:

$$\left. \begin{aligned} m_k(t) &= M(t) - \Delta q_1(t) - \Delta q_k(t); \\ m_m(t) &= m_k(t) - \Delta q_m(t) = M(t) - \Delta q_1(t) - \Delta q_k(t) - \Delta q_m(t); \\ m_o(t) &= m_m(t) - \Delta q_o(t) = M(t) - \Delta q_1(t) - \Delta q_k(t) - \\ &\quad - \Delta q_m(t) - \Delta q_o(t); \\ M_a(t) &= m_o(t) - \Delta q_a(t) = M(t) - \Delta q_1(t) - \Delta q_k(t) - \\ &\quad - \Delta q_m(t) - \Delta q_o(t) - \Delta q_a(t) \end{aligned} \right\}, \quad (2)$$

де $m_k(t)$, $m_m(t)$, $m_o(t)$, $M_a(t)$ – вихідна кількість потоку компонентів ВК після роботи АВТОКРО, ЗТС, АТОКРО, ВТС; $\Delta q_k(t)$, $\Delta q_m(t)$, $\Delta q_o(t)$, $\Delta q_a(t)$ – відокремлена кількість потоку домішок ВК робочими органами АВТОКРО, ЗТС, АТОКРО, ВТС; $\Delta q_1(t)$ – кількість втраченого потоку коренеплодів робочими органами АВТОКРО.

Тоді згідно з (1), (2) вихідне початкове диференціальне рівняння матеріального балансу зміни вихідного потоку технологічної маси протягом часу t , або інтенсифікації процесу відокремлення домішок від ВК робочими органами кожної ТТС і АКМ загалом має вигляд:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dm_k}{dt} &= \frac{dM}{dt} - \frac{d(\Delta q_1 - \Delta q_k)}{dt}; \\ \frac{dm_m}{dt} &= \frac{dm_k}{dt} - \frac{d\Delta q_m}{dt} = \frac{dM}{dt} - \frac{d(\Delta q_1 + \Delta q_k)}{dt} - \frac{d\Delta q_m}{dt}; \\ \frac{dm_o}{dt} &= \frac{dm_m}{dt} - \frac{d\Delta q_o}{dt} = \frac{dM}{dt} - \frac{d(\Delta q_1 + \Delta q_k)}{dt} - \frac{d\Delta q_m}{dt} - \frac{d\Delta q_o}{dt}; \\ \frac{dM_a}{dt} &= \frac{dm_o}{dt} - \frac{d\Delta q_a}{dt} = \frac{dM}{dt} - \frac{d(\Delta q_1 + \Delta q_k)}{dt} - \frac{d\Delta q_m}{dt} - \frac{d\Delta q_o}{dt} - \frac{d\Delta q_a}{dt} \end{aligned} \right\}, \quad (3)$$

або з врахуванням складових компонентів ВК та складових компонентів домішок ВК, тобто

$$\begin{aligned} \frac{dM_a}{dt} &= \frac{d(m_1 + m_2)}{dt} - \frac{d(\Delta q_1 + \Delta q_{1pk} + \Delta q_{2pk} + \Delta q_{3pk} + \Delta q_{1pk} + \Delta q_{2pk})}{dt} - \\ &\quad - \frac{d(\Delta q_{1po} + \Delta q_{2po} + \Delta q_{3po} + \Delta q_{1po} + \Delta q_{2po})}{dt} - \\ &\quad - \frac{d(\Delta q_{1pm} + \Delta q_{1pm})}{dt} - \frac{d(\Delta q_{1po} + \Delta q_{1pa})}{dt} \end{aligned}, \quad (4)$$

де $\Delta q_{1\rho k}$, $\Delta q_{2\rho k}$, $\Delta q_{3\rho k}$, Δq_{1pk} , Δq_{2pk} ; $\Delta q_{1\rho o}$, $\Delta q_{2\rho o}$, $\Delta q_{3\rho o}$, Δq_{1po} , Δq_{2po} – відокремлена маса вільного ґрунту, грудок ґрунту, налиплого ґрунту на підземній частині коренеплодів, вільних рослинних домішок, залишків гички на головках коренеплодів від ВК: АВТОКРО; АТОКРО; $\Delta q_{1\rho m}$, Δq_{1pm} – відокремлена маса вільного ґрунту, вільних рослинних домішок від ВК ЗТС; $\Delta q_{1\rho a}$, Δq_{1pa} – відокремлена кількість вільного ґрунту, вільних рослинних домішок від ВК ВТС; Δq_1 – втрачена маса коренеплодів АВТОКРО.

Технологічний процес відокремлення домішок від коренеплодів окремої ТТС, або АКМ загалом згідно з положеннями [7] у загальному вигляді описується лінеаризованим диференціальним рівнянням:

$$a_0^{(i)} \frac{d[\Delta q_i(t)]}{dt} = b_0^{(i)} m_{ex.i}(t - \tau_i) - c_0^{(i)} m_{eux.i}(t), \quad (5)$$

де a_0^i , b_0^i , c_0^i – змінні коефіцієнти в функції параметрів робочих органів АКМ, механічних властивостей ґрунту, урожайності коренеплодів, які визначаються експериментальним шляхом; $\Delta q_i(t)$ – відокремлена кількість потоку матеріалу від вхідного ВК робочими органами АКМ, $i = 1, 2 \dots n$; τ_i – час запізнення руху потоку мас ВК; $m_{ex.i}(t - \tau_i)$, $m_{eux.i}(t)$ – вхідна та вихідна кількість потоку мас ВК.

Тоді для будь-якого i -го стабілізованого режиму роботи, коли відхилення вхідних потоків незначні, технологічний процес роботи ТТС, або АКМ загалом з врахуванням (2), (4) та згідно з (5) описується диференціальним рівнянням:

$$a_1^{(k)} \frac{d[\Delta q_1(t)]}{dt} + a_0^{(k)} \frac{d[\Delta q_k(t)]}{dt} = a_1^{(k)} \frac{d[\Delta q_1(t)]}{dt} + a_{1\rho}^{(k)} \frac{d[\Delta q_{1\rho k}(t)]}{dt} + a_{2\rho}^{(k)} \frac{d[\Delta q_{2\rho k}(t)]}{dt} + a_{3\rho}^{(k)} \frac{d[\Delta q_{3\rho k}(t)]}{dt} + a_{1p}^{(k)} \frac{d[\Delta q_{1pk}(t)]}{dt} + \quad ; \quad (6)$$

$$+ a_{2p}^{(k)} \frac{d[\Delta q_{2pk}(t)]}{dt} = b_0^{(k)} M(t - \tau_k) - c_0^{(k)} m_k(t) \\ a_0^{(m)} \frac{d[\Delta q_m(t)]}{dt} = a_{1\rho}^{(m)} \frac{d[\Delta q_{1\rho m}(t)]}{dt} + a_{1p}^{(m)} \frac{d[\Delta q_{1pm}(t)]}{dt} = \quad ; \quad (7) \\ = b_0^{(k)} m_k(t - \tau_m) - c_0^{(m)} m_m(t)$$

$$a_0^{(o)} \frac{d[\Delta q_o(t)]}{dt} = a_{1\rho}^{(o)} \frac{d[\Delta q_{1\rho o}(t)]}{dt} + a_{2\rho}^{(o)} \frac{d[\Delta q_{2\rho o}(t)]}{dt} + a_{3\rho}^{(o)} \frac{d[\Delta q_{3\rho o}(t)]}{dt} + \quad ; \quad (8) \\ + a_{1p}^{(o)} \frac{d[\Delta q_{1po}(t)]}{dt} + a_{2p}^{(o)} \frac{d[\Delta q_{2po}(t)]}{dt} = b_0^{(m)} m_m(t - \tau_o) - c_0^{(o)} m_o(t)$$

$$a_0^{(a)} \frac{d[\Delta q_a(t)]}{dt} = a_{1\rho}^{(a)} \frac{d[\Delta q_{1\rho a}(t)]}{dt} + a_{1p}^{(a)} \frac{d[\Delta q_{1pa}(t)]}{dt} = \quad ; \quad (9) \\ = b_0^{(o)} m_o(t - \tau_a) - c_0^{(a)} M_A(t)$$

$$\begin{aligned}
& a_1^{(k)} \frac{d[\Delta q_1(t)]}{dt} + a_0^{(M)} \frac{d[\Delta q_M(t)]}{dt} = a_1^{(k)} \frac{d[\Delta q_1(t)]}{dt} + a_0^{(k)} \frac{d[\Delta q_k(t)]}{dt} + \\
& + a_0^{(m)} \frac{d[\Delta q_m(t)]}{dt} + a_0^{(o)} \frac{d[\Delta q_o(t)]}{dt} + a_0^{(a)} \frac{d[\Delta q_a(t)]}{dt} = \\
& = a_1^{(k)} \frac{d[\Delta q_1(t)]}{dt} + a_{1\rho}^{(k)} \frac{d[\Delta q_{1\rho k}(t)]}{dt} + a_{2\rho}^{(k)} \frac{d[\Delta q_{2\rho k}(t)]}{dt} + a_{3\rho}^{(k)} \frac{d[\Delta q_{3\rho k}(t)]}{dt} + \\
& + a_{1p}^{(k)} \frac{d[\Delta q_{1pk}(t)]}{dt} + a_{2p}^{(k)} \frac{d[\Delta q_{2pk}(t)]}{dt} + a_{1\rho}^{(m)} \frac{d[\Delta q_{1\rho c}(t)]}{dt} + a_{1p}^{(m)} \frac{d[\Delta q_{1pc}(t)]}{dt} +, \quad (10) \\
& + a_{1\rho}^{(o)} \frac{d[\Delta q_{1\rho o}(t)]}{dt} + a_{2\rho}^{(o)} \frac{d[\Delta q_{2\rho o}(t)]}{dt} + a_{3\rho}^{(o)} \frac{d[\Delta q_{3\rho o}(t)]}{dt} + a_{1p}^{(o)} \frac{d[\Delta q_{1po}(t)]}{dt} + \\
& + a_{2p}^{(o)} \frac{d[\Delta q_{2po}(t)]}{dt} + a_{1\rho}^{(a)} \frac{d[\Delta q_{1\rho a}(t)]}{dt} + a_{1p}^{(a)} \frac{d[\Delta q_{1pa}(t)]}{dt} = \\
& = b_0 M(t - \tau_k) - c_0^{(k)} m_k(t) + b_0^{(k)} m_k(t - \tau_m) - c_0^{(m)} m_m(t) + \\
& + b_0^{(m)} m_m(t - \tau_o) - c_0^{(o)} m_o(t) + b_0^{(o)} m_o(t - \tau_a) - c_0^{(a)} M_A(t)
\end{aligned}$$

де $a_1^{(k)}, a_0^{(k)}, a_0^{(m)}, a_0^{(o)}, a_0^{(a)}, b_0, b_0^{(k)}, b_0^{(m)}, b_0^{(o)}, c_0^{(k)}, c_0^{(m)}, c_0^{(o)}, c_0^{(a)}; a_{1\rho}^{(k)}, a_{2\rho}^{(k)}, a_{3\rho}^{(k)}, a_{1p}^{(k)}, a_{2p}^{(k)}, a_{1\rho}^{(m)}, a_{1p}^{(m)}; a_{1\rho}^{(o)}, a_{2\rho}^{(o)}, a_{3\rho}^{(o)}, a_{1p}^{(o)}, a_{2p}^{(o)}; a_{1\rho}^{(a)}, a_{1p}^{(a)}$ – змінні коефіцієнти в функції параметрів робочих органів АКМ: АВТОКРО; ЗТС; АТОКРО; ВТС, фізико-механічних властивостей ґрунту, урожайності коренеплодів тощо, які визначаються експериментальним шляхом; $\tau_k, \tau_m, \tau_o, \tau_a$ – час запізнення руху мас ВК у процесі роботи, яке відбувається за рахунок накопичення, ущільнення, зсуву тощо технологічних мас ВК у робочій зоні, відповідно, кожної ТТС та АКМ загалом.

Подальший розв'язок рівнянь (6)-(10) може бути проведено з застосуванням прямого та зворотного перетворення Лапласа.

Висновок. Одержані лінеаризовані диференціальні рівняння (6)-(10) є детермінованими математичними моделями, які характеризують залежність зміни інтенсифікації технологічного процесу відокремлення потоку компонентів від викопаного ВК протягом часу від конструктивно-кінематичних параметрів робочих органів ТТС і АКМ загалом та їх умов роботи, до яких (умов) згідно з термінологією технічних і наукових видань відносяться режими роботи ТТС і АКМ, агротехнічні та фізико-механічні характеристики коренеплодів і фізико-механічні властивості ґрунту.

Список літератури

1. Адамчук В.В. Про розробку і створення в Україні сільськогосподарських машин сучасного рівня / В.В. Адамчук, В.М. Булгаков, В.В. Іванишин // Зб. наук. праць Вінницького націон. аграрн. ун-ту. Серія: Технічні науки. – Вінниця: ВНАУ, 2012. – Вип. 11. – Т. 2 (66). – С. 8–14.
2. Барановський В.М. Адаптована коренезбиральна машина / В.М. Барановський // XVI наук. конф. «Матеріалознавство та машинобудування»

Тернопільського нац. техн. у-ту ім. І. Пулюя, 5-6 грудня 2012 р. : тези доп. – Тернопіль : ТНТУ, 2012. – Т. II. – С. 5.

3. Булгаков В.М. Теория свеклоуборочных машин : монография / В.М. Булгаков, М.И. Черновол, Н.А. Свирень. – Кировоград: КОД, 2009. – 256 с.

4. Аванесов Ю.Б. Свеклоуборочные машины / Ю.Б. Аванесов, В.И. Бессарабов, И.И. Русанов. – М., 1979. – 351 с.

5. Аналіз тенденцій розвитку робочих органів для сепарації вороху коренеплодів / В.Ю. Рамш, В.М. Барановський, М.Р. Паньків [та ін.] // Наукові нотатки. – Луцьк: ЛНТУ, 2011. – Вип. 31. – С. 298–305.

6. Барановський В.М. Конструктивно-технологічні принципи адаптованого застосування коренезбиральних машин / В.М. Барановський, М.Р. Паньків // Зб. наук. праць міжн. наук.-практ. конф. “Динаміка, міцність і надійність сільськогосподарських машин”. – Тернопіль : ТДТУ, 2004. – С. 192–198.

7. Свеклоуборочные машины. Конструирование и расчет [Погорелый Л.В., Татьяна Н.В., Брей В.В. и др.] ; под ред. Л.В. Погорелого. – К.: Техніка, 1983. – 168 с.

8. Татьяна Н.В. О вероятностном методе оптимизации систем сельскохозяйственного производства / Н.В. Татьяна // Тр. ВИСХОМ, УкрНИИСХОМ. – М., 1986. – С. 11–20.

Наведено метод разработки детерминированных математических моделей, которые описывают интенсификацию процесса отделения примесей от вороха корнеплодов комбинированными рабочими органами транспортно-технологических систем адаптированной корнеуборочной машины.

Ворох корнеплодов, технологический процесс, поток, входная масса, компоненты вороха, дифференциальное уравнение.

The method of development of determined mathematical models which describe intensification of process of separation of admixtures from lots of root crops combined workings organs of transport-technological systems of the adapted root-harvesting machine is pointed.

Beet-root tops, technological process, stream, entrance mass, components of lots, differential equalization.

УДК 614.8:631.3

МЕТОДИ ДЕФЕКТОСКОПІЇ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОГО ПОШКОДЖЕННЯ У ДЕТАЛЯХ І ЕЛЕМЕНТАХ КОНСТРУКЦІЙ МОБІЛЬНИХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН

О.В. Войналович, кандидат технічних наук

© О.В. Войналович, 2014

Тернопільського нац. техн. у-ту ім. І. Пулюя, 5-6 грудня 2012 р. : тези доп. – Тернопіль : ТНТУ, 2012. – Т. II. – С. 5.

3. Булгаков В.М. Теория свеклоуборочных машин : монография / В.М. Булгаков, М.И. Черновол, Н.А. Свирень. – Кировоград: КОД, 2009. – 256 с.

4. Аванесов Ю.Б. Свеклоуборочные машины / Ю.Б. Аванесов, В.И. Бессарабов, И.И. Русанов. – М., 1979. – 351 с.

5. Аналіз тенденцій розвитку робочих органів для сепарації вороху коренеплодів / В.Ю. Рамш, В.М. Барановський, М.Р. Паньків [та ін.] // Наукові нотатки. – Луцьк: ЛНТУ, 2011. – Вип. 31. – С. 298–305.

6. Барановський В.М. Конструктивно-технологічні принципи адаптованого застосування коренезбиральних машин / В.М. Барановський, М.Р. Паньків // Зб. наук. праць міжн. наук.-практ. конф. “Динаміка, міцність і надійність сільськогосподарських машин”. – Тернопіль : ТДТУ, 2004. – С. 192–198.

7. Свеклоуборочные машины. Конструирование и расчет [Погорелый Л.В., Татьяна Н.В., Брей В.В. и др.] ; под ред. Л.В. Погорелого. – К.: Техніка, 1983. – 168 с.

8. Татьяна Н.В. О вероятностном методе оптимизации систем сельскохозяйственного производства / Н.В. Татьяна // Тр. ВИСХОМ, УкрНИИСХОМ. – М., 1986. – С. 11–20.

Наведено метод разработки детерминированных математических моделей, которые описывают интенсификацию процесса отделения примесей от вороха корнеплодов комбинированными рабочими органами транспортно-технологических систем адаптированной корнеуборочной машины.

Ворох корнеплодов, технологический процесс, поток, входная масса, компоненты вороха, дифференциальное уравнение.

The method of development of determined mathematical models which describe intensification of process of separation of admixtures from lots of root crops combined workings organs of transport-technological systems of the adapted root-harvesting machine is pointed.

Beet-root tops, technological process, stream, entrance mass, components of lots, differential equalization.

УДК 614.8:631.3

МЕТОДИ ДЕФЕКТОСКОПІЇ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОГО ПОШКОДЖЕННЯ У ДЕТАЛЯХ І ЕЛЕМЕНТАХ КОНСТРУКЦІЙ МОБІЛЬНИХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН

О.В. Войналович, кандидат технічних наук

© О.В. Войналович, 2014

Для виявлення дефектів у деталях машин і елементів конструкцій широке застосування знайшли ультразвукові і вихорострумові методи дефектоскопії. Найбільш важливими параметрами, що визначають ефективність того чи іншого методу дефектоскопії, є чутливість та достовірність методу, можливість виявляти дефекти без підготовки контрольованої поверхні, трудомісткість і вартість контролю, його продуктивність.

Неруйнівний контроль, методи дефектоскопії, вихорострумовий метод, сільськогосподарська техніка.

Поставлення проблеми. Неруйнівний контроль деталей і елементів конструкцій дає змогу оцінити їх технічний стан, визначити можливість подальшої експлуатації вузла чи системи машини без замінення або відбракування пошкоджених елементів (деталей). З огляду на те, що для багатьох деталей вузлів сільськогосподарських машин через незадовільну дефектоскопічну технологічність (складність доступу до поверхні деталі) виявлення дефектів докритичного розміру ускладнено, необхідно визначитися, які методи дефектоскопії можна використати для контролю деталей та елементів конструкцій мобільної сільськогосподарської техніки з найбільшою ефективністю.

Потрібно розуміти, що ефективність контролю часто визначає не мінімальність параметрів (розмірів) виявлених дефектів, а тривалість проведення контролю, надійність та достовірність виявлення тріщин, повторюваність результатів за однакових умов дослідження, витрати на підготовку контрольованої поверхні та ін.

Аналіз останніх досліджень. Нині регламенти дефектування вузлів і деталей мобільної сільськогосподарської техніки (тракторів, комбайнів та ін.) передбачають здебільшого їх візуальний контроль (виявлення видимих пошкоджень, забоїв і тріщин), визначення змін конфігурації та розмірів деталей (вимірювання лінійкою чи штангенциркулем величини спрацювання, вигнутості, скрученості, биття, короблення, неперпендикулярності та інших порушень взаємного розміщення осей і поверхонь деталей) [1].

Разом з тим важливо у практику технічного обслуговування і ремонту сільськогосподарської техніки впроваджувати сучасні дефектоскопічні пристрої, що дозволяють знаходити приховані дефекти (тріщини, раковини, непроварені місця тощо), які можуть зумовити раптові відмови техніки та аварійні ситуації, що призводять до нещасних випадків [2-4].

Мета досліджень. Проаналізувати можливості сучасних методів дефектоскопії для виявлення експлуатаційного

пошкодження деталей та елементів конструкцій мобільної сільськогосподарської техніки.

Результати досліджень. Сучасні методи дефектоскопії на основі неруйнівного контролю поділяють на такі основні види – оптичний, капілярний, акустичний, магнітний, вихорострумовий, електричний, радіохвильовий, тепловий, радіаційний [5]. Більшість із зазначених методів мають різновиди, призначені для виконання спеціальних досліджень та контролю. Так, до капілярних методів виявлення дефектів належать: колірний, яскравості, люмінесцентний, люмінесцентно-колірний, капілярно-електростатичний, капілярно-електроіндуктивний, капілярно-магнітопорошковий, капілярно-радіаційний.

Серед видів акустичного методу в лабораторіях і на практиці широко використовують такі різновиди: тіньовий, дзеркально-тіньовий, велосиметричний, луна-метод, дельта-метод та ін. До електричних методів дефектоскопії також належать методи: електричного потенціалу, реєстрації спотворення електромагнітного поля, електростатичний порошковий, електроіскровий, електричного опору. Вибираючи найбільш прийнятний та ефективний метод дефектоскопії, необхідно орієнтуватися на вид дефектів, які необхідно виявити у деталях та елементах конструкції. У таблиці вказано, яким методам дефектоскопії надають перевагу для знаходження тріщин, що утворилися внаслідок різних технологічних процесів виготовлення деталей та важких умов їх експлуатації.

З переліку методів дефектоскопії видно, що універсального методу виявлення тріщин не існує, кожен з них має певні апаратурні та метрологічні переваги, а також обмеження як щодо розташування дефектів, так і щодо форми та матеріалу деталі.

Для знаходження дефектів використовують як достатньо прості методи, так і досить складні у застосуванні (наприклад, томографії чи проникнення радіоактивних газів – як у радіаційних методах), що потребують дорогого обладнання і захисту фахівців, які проводять контроль, від шкідливих чинників довкілля.

Для візуального, радіографічного, капілярного, магнітопорошкового, вихорострумового та деяких інших методів дефектоскопії впроваджено національні стандарти неруйнівного контролю [2-4], яких потрібно неухильно дотримуватися.

Велика частина відомих методів дефектоскопії дозволяє лише за лабораторних умов виявити дефекти, розміри яких набагато менші критичних, що призводять до зруйнування деталей машин і конструкцій. Але їх застосування за виробничих умов зумовлює суттєві труднощі щодо розміщення дефектоскопічної апаратури, достовірності отримання даних про місце розташування та розміри

дефектів. Значення має також і можливість проведення дефектоскопічного контролю для масиву деталей протягом короткого часу з мінімальним перелаштуванням апаратури.

Рекомендації щодо застосування методів дефектоскопії для виявлення тріщин, які виникли під час певних технологічних процесів [5].

№ п/п	Назва технологічного процесу	Вид тріщин	Методи дефектоскопії
1.	Плавлення і лиття		Акустичне випромінювання (наскрізне чи відбивне), вихорострумний, сцинтиляційний, електричний
2.	Оброблення тиском	Внутрішні	Акустичне випромінювання (наскрізне чи відбивне), ферозондовий, індукційний
		Зовнішні	Акустичне випромінювання (наскрізне чи відбивне), вихорострумний, магніто-порошковий, ферозондовий, індукційний
3.	Термічне оброблення	Термічні	Акустичне випромінювання (наскрізне чи відбивне), вихорострумний, магніто-порошковий, ферозондовий
		Водневі	Вихорострумний, магнітографічний, ферозондовий
4.	Механічне оброблення	Від верстатного оброблення	Вихорострумний, магніто-порошковий
		Від шліфування	Вихорострумний, магніто-порошковий
5.	З'єднання металів	Тріщини наклепу	Акустичне відбивне випромінювання
6.	Експлуатаційний вплив	Втомні	Акустичне відбивне випромінювання, акустико-емісійний, магніто-порошковий, вихорострумний, ферозондів, голографічний, електричний
		Корозійні	Акустичне відбивне випромінювання, вихорострумний, голографічний

У деталях і елементах конструкцій мобільної сільськогосподарської техніки експлуатаційні тріщини здебільшого виникають внаслідок втоми [6]. Їхніми осередками найчастіше є візуально невидимі дефекти мікроструктури, зони різної зернистості, ділянки з підвищеною концентрацією та градієнтом залишкових механічних напружень, зумовлені технологією виробництва деталей. Зони повільного і прискореного розвитку тріщин також можуть бути пов'язані з корозійними втомними процесами протягом експлуатації сільськогосподарських агрегатів. Для прогнозування їх залишкового

ресурсу і продовження терміну експлуатації важливо виявити дефекти на ранніх стадіях виникнення та поширення тріщини [7].

В елементах конструкцій тракторів і мобільних сільськогосподарських машин втомні тріщини також зароджуються від отворів, заклепок та інших концентраторів напружень. Ширина розкриття тріщин на поверхні деталі істотно більша, ніж на глибині [8]. Методами дефектоскопії найважче виявляти дефекти, розташовані паралельно поверхні деталі. Корозійні дефекти локалізуються на окремих ділянках, а далі можуть поширитися на всю поверхню деталі [9].

Щодо розташування у деталях і елементах конструкцій розрізняють поверхневі та внутрішні дефекти (тріщини). До поверхневих експлуатаційних дефектів належать риси, забоїни, тріщини малоциклової та багатоциклової втоми, тріщини повзучості та корозії тощо. Близько 90% всіх забоїв, що утворюються внаслідок ударів сторонніми предметами, мають глибину до 0,5 мм. Разом з тим такі неглибокі дефекти створюють концентрацію місцевих напружень і знижують границю витривалості деталі [5].

Вибір методу дефектоскопії залежить від місця розташування дефектів, їх довжини та глибини залягання під поверхнею металу. Важливим є також наявність чи відсутність захисного покриття (фарби, мастила, окалини, іржі тощо) на поверхні контрольованої деталі. Далі проаналізовано апаратні можливості методів дефектоскопії щодо виявлення тріщин у деталях і елементах конструкцій мобільної сільськогосподарської техніки.

Акустична дефектоскопія дозволяє контролювати наявність тріщин у деталях порівняно простої форми. Виявляють плоскі, об'ємні, лінійні та цяткові дефекти, а також ті, що виникли внаслідок корозії [10].

Найбільш поширеним методом виявлення дефектів в акустичній дефектоскопії є імпульсний луна-метод, принцип дії якого полягає у посиленні коротких ультразвукових імпульсів і відбиванні їх від поверхні дефекту, а також зворотного боку деталі чи елемента конструкції [6]. За допомогою дефектоскопів, в яких реалізовано луна-метод, можна виявити дефекти площею понад 1 мм² (раковини, розшарування та ін.), які розташовані на досить великій глибині під поверхнею металу.

Основними недоліками луна-методу і методу звукової тіні у разі дефектоскопічного контролю деталей мобільної сільськогосподарської техніки є: неможливість виявлення тріщин у деталях складної форми; висока чутливість до шорсткості поверхні деталі, а тому існує необхідність ретельної (трудомісткої) підготовки

поверхні, що обмежує масовість контролю; складність визначення параметрів поверхневих та наскрізних дефектів.

Для виявлення розшарування в елементах конструкцій (корозійного чи між шарами різнорідних матеріалів) використовують резонансний, велосиметричний та імпедансний методи, а також метод вільних коливань [11]. Але ці методи складно застосувати на виробництві (у ремонтних підприємствах сільськогосподарської галузі), враховуючи велику номенклатуру деталей тракторів і мобільних сільськогосподарських машин, які підлягають дефектоскопічному контролю, та необхідність частого перелаштування дефектоскопічної апаратури.

В електромагнітно-акустичному методі ультразвукові коливання виникають внаслідок взаємодії змінного і постійного магнітних полів з металом контрольованого об'єкту [12]. Цей метод також мало прийнятний для загального контролю деталей тракторів і мобільних сільськогосподарських машин, для виготовлення яких використовують сталі і сплави різної магнітної проникності.

Люмінесцентний і колірний методи дефектоскопії [13] використовують явище капілярного проникнення рідини з високими змочувальними характеристиками у тріщини, пори та інші поверхневі неоднорідності. Ці методи неефективні для контролю деталей із грубою шорсткою поверхнею і незастосовні для перевірки пористих матеріалів. Недоліками їх є необхідність видалення захисних покривів і тривалість процесу контролю (кілька годин), низька ймовірність виявлення дефектів у матеріалах зі значними залишковими напруженнями стиску. Все це накладає суттєві обмеження щодо застосування капілярних методів у ремонтних підрозділах сільськогосподарських підприємств.

Принцип дії магнітних методів дефектоскопії базується на реєстрації магнітних полів розсіювання, що виникають навколо дефектів. Застосовують магніто-порошковий, магнітографічний, ферозондів та індукційний методи, гальваноманітні та інші способи індикації полів розсіювання.

Електромагнітний метод застосовують для визначення фізичних і механічних властивостей деталей з магнітних матеріалів, а також реєстрації втомних тріщин [14]. Магнітні методи дефектоскопії знайшли переважне застосування у лабораторних та стаціонарних заводських умовах [15, 16].

За допомогою магнітно-порошкової дефектоскопії виявляють поверхневі дефекти, а також дефекти на глибині до 2 мм під поверхнею. Чутливість методу суттєво залежить від якості застосовуваного порошку, спрямованості магнітного поля, конфігурації контрольованого виробу, тож його складно

використовувати за умов ремонтних підрозділів сільськогосподарських підприємств.

За допомогою індукційних дефектоскопів виявляють тріщини і непровари у зварних з'єднаннях, прутках і канатах, які застосовують у підіймальних пристроях [17]. Разом з тим основною галуззю застосування цих приладів є стаціонарні заводські та лабораторні умови. У тепловому методі (інфрачервоного випромінювання) використовують хвилі довжиною 0,8-10 мкм. Тепловізори реагують на невелику різницю температур на поверхні деталі (кілька десятих градуса) [18]. Щодо контролю деталей мобільної сільськогосподарської техніки використання теплових методів без належної підготовки поверхонь і зняття покривів на них (знежирення, зачищення від іржі, фарби) малоефективне.

Метод електричного потенціалу є одним з найпростіших і нетрудомістких методів дефектоскопії, що дозволяє вимірювати глибину поверхневих криволінійних тріщин, тобто досліджувати кінетику розвитку форми тріщини. Його недолік – відносно невисока чутливість.

Перевагою радіаційних методів є можливість визначення координат і форми дефектів (із застосуванням томографії), недолік – громіздкість і складність використовуваної апаратури, що неприйнятно щодо потреб оперативного контролю деталей сільськогосподарської техніки. Використання рентгенівської апаратури дефектоскопічного контролю у ремонтних сільськогосподарських підприємствах вимагає підготовки відповідних фахівців, їх відповідної реєстрації чи укладання договорів на проведення обстеження з підприємствами, що мають ліцензії на проведення такого виду неруйнівного контролю.

Отже, узагальнюючи висновки виконано аналізу методів дефектоскопії, які можна було б використати для виявлення дефектів у деталях і елементах конструкцій мобільної сільськогосподарської техніки, насамперед потрібно зазначити, що оптичні та капілярні методи, які широко застосовують у машинобудуванні, не дозволяють виявляти внутрішні дефекти. Найбільш поширений нині у практиці ремонтних підрозділів сільськогосподарських підприємств візуально-оптичний метод контролю деталей порівняно з іншими характеризується низькою чутливістю, малою надійністю та достовірністю виявлення дефектів.

Взагалі можливості знайти дефекти всередині матеріалу або на недоступному для датчику боці деталі для більшості методів дефектоскопії обмежені, тут застосовують здебільшого акустичні, вихорострумові та радіаційні методи. Але радіаційні методи, зокрема найбільш поширені радіографічні, передбачають

застосування рентгенівського і гамма-випромінювання, а тому не завжди можуть конкурувати з ультразвуковим методом.

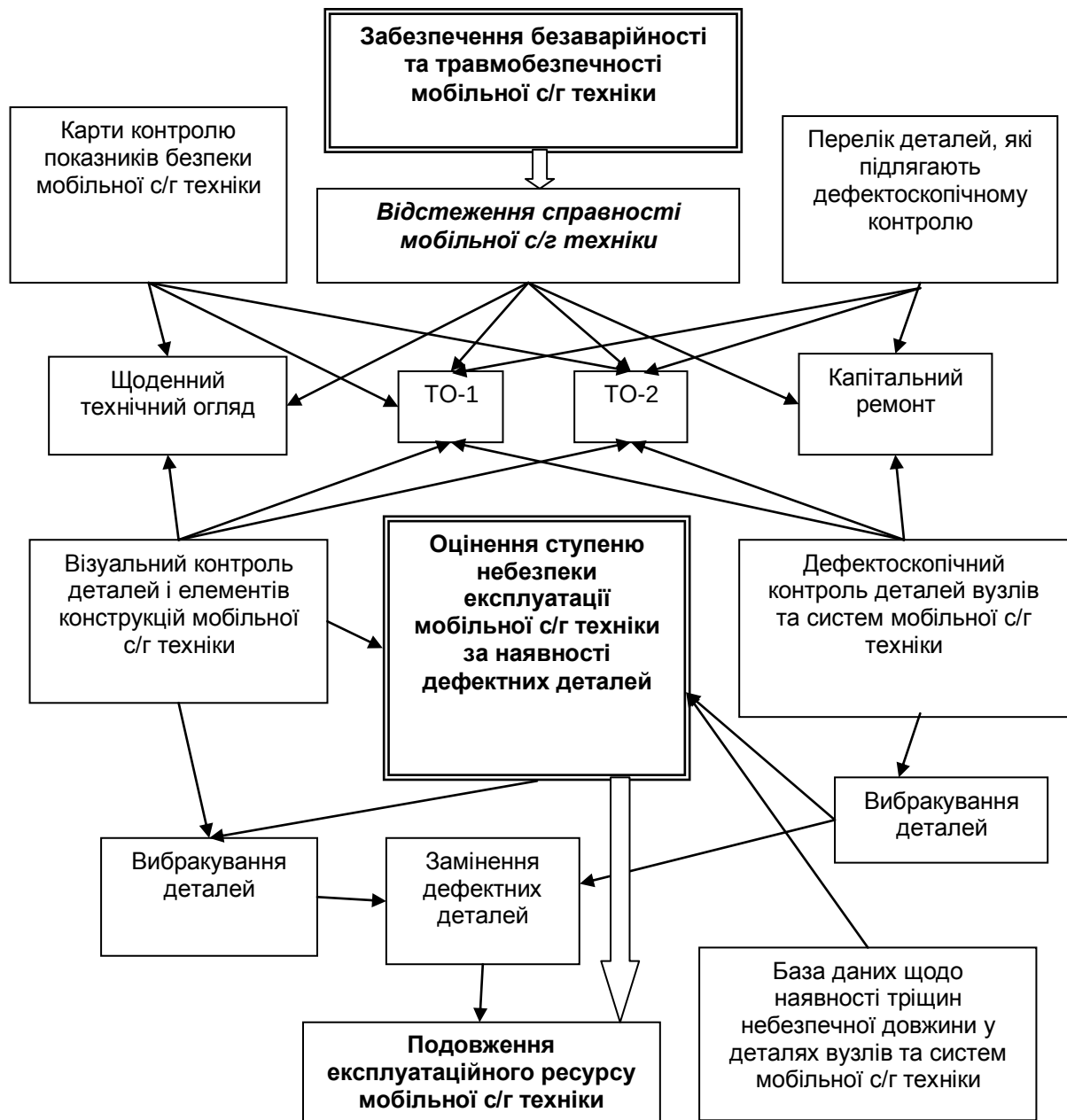


Рис. Алгоритм оцінювання справності мобільної сільськогосподарської техніки.

Для контролю деталей машин і елементів конструкцій мобільної сільськогосподарської техніки найбільш прийнятними є ультразвукові та вихорострумові методи дефектоскопії [19].

Алгоритм оцінювання справності мобільної сільськогосподарської техніки представлено на рисунку.

Висновок. Ефективність застосування певного методу дефектоскопії полягає у можливості визначення не одного, хоч і

дуже важливого, параметра, а їх комплексу, що дозволяє забезпечити надійну і безпечну експлуатацію машин і конструкцій за прийнятних економічних витрат на дефектоскопічний контроль. Найбільш важливими параметрами, що визначають кінцеву ефективність того чи іншого методу дефектоскопії, є чутливість та достовірність методу, можливість виявляти дефекти без підготовки контрольованої поверхні, трудомісткість і вартість контролю, його продуктивність.

Список літератури

1. *Луценков В.Л.* Контроль тракторов, комбайнов и автомобилей по показателям безопасности / *В.Л. Луценков, Д.А. Бутко, М.Л. Крыжачковский* и др. – К.: Урожай, 1993. – 296 с.
2. *Неруйнівний* контроль. Капілярний та магнітопорошковий контроль. Умови огляду (EN ISO 3059:2001, IDT) : *ДСТУ EN ISO 3059:2007*. – [Чинний від 01.01.2009]. К.: Держспоживстандарт України, 2001. – 3 с. – (Національні стандарти України).
3. *Настанови* щодо проведення акустико-емісійного діагностування об'єктів підвищеної небезпеки : *ДСТУ 4227:2003* [Чинний від 01.10.2004]. К.: Держспоживстандарт України, 2003. – 119 с. – (Національні стандарти України).
4. *Неруйнівний* контроль. Контроль вихрострумовий. Загальні вимоги і рекомендації (EN 12084:2001, IDT) : *ДСТУ EN 12084:2005* – [Чинний від 01.01.2008]. К.: Держспоживстандарт України 2005. –IV, 7 с. – (Національні стандарти України).
5. *Трощенко В.Т.* Сопротивление материалов деформированию и разрушению. Справочное пособие / *В.Т. Трощенко, А.Я. Красовский, В.В. Покровский, Л.А. Сосновский, В.А. Стрижало*. – К.: Наукова думка, 1994. – Ч. 2. – 701 с.
6. *Сушкевич М.В.* Контроль при ремонте сельскохозяйственной техники / *М.В. Сушкевич*. – М.: Агропромиздат, 1988. – 254 с.
7. *Васинюк І.М.* Застосування портативного вихрострумового дефектоскопа для виявлення тріщин в деталях сільськогосподарських машин / *І.М. Васинюк, О.В. Войналович, М.М. Мотрич* / Праці І-ї міжнародної науково-технічної конференції «Динаміка, міцність і надійність сільськогосподарських машин», 4–7 жовтня 2004 р. – Тернопіль, 2004. – С. 609–613.
8. *Васинюк И.М.* К исследованию кинетики малых поверхностных трещин при высокочастотном нагружении легких сплавов / *И.М. Васинюк, А.В. Войналович, Г.Г. Писаренко* // Проблемы прочности. – 2000. – № 2. – С. 67–74.
9. *Мешков А.А.* Влияние агрессивных сред на трещиностойкость и долговечность конструкционных сталей / *А.А. Мешков, А.Ф. Дащенко* // Труды Одесского политехнического университета. – 1999. – Вып. 1(7). – С. 15–18.
10. *Неразрушающий* контроль металлов и изделий. Справочник / Под ред. *Г.С. Самойлова*. – М.: Машиностроение, 1976. – 445 с.
11. *Гельман Л.М.* Виброакустический метод свободных колебаний для неразрушающего контроля трещин / *Л.М. Гельман, С.В. Горпинич* // Акустичний вісник – 1999. – № 4. – С. 13–22.
12. *Дорофеев А.Л.* Электромагнитная дефектоскопия / *А.Л. Дорофеев, Ю.Г. Казаманов*. – М.: Машиностроение, 1980. – 232 с.
13. *Денель А.К.* Дефектоскопия металлов / *А.К. Денель*. – М.: Metallurgiya, 1972. – 180 с.

14. Чаплыгин В.Н. Электромагнитный метод обнаружения и регистрации роста усталостных трещин / В.Н. Чаплыгин, Г.В. Абабков // Вопросы авиационной науки и техники. – 1995. – № 1. – С. 241–246.
15. Бида Г.В. Коэрцитиметрия в неразрушающем контроле / Г.В. Бида, А.П. Ничипурук // Дефектоскопия. – 2000. – №11. – С. 1–29.
16. Вильданов Р.Г. Магнитный интроскоп для контроля оболочковых конструкций нефтяной и нефтехимической промышленности / Р.Г. Вильданов // Нефтегазовое дело. – 2003. – С. 1–6.
17. Колегин В.П. Технические средства диагностирования / В.П. Колегин, А.В. Мозгалеvский. – М.: Судостроение. – 1984. – 208 с.
18. Вавилов В.П. Теплові методи неруйнуючого контролю : довідник / В.П. Вавилов. – М.: Машинобудування. – 1991. – 240 с.
19. Учанин В.Н. Методы количественного вихретокового контроля с определением параметров дефектов / В.Н. Учанин // Техническая диагностика и неразрушающий контроль, 2002. – № 1. – С. 33–38.

Для обнаружения дефектов в деталях машин и элементов конструкций широкое применение нашли ультразвуковые и вихретоковые методы дефектоскопии. Наиболее важными параметрами, определяющими эффективность того или иного метода дефектоскопии, является чувствительность и достоверность метода, возможность обнаруживать дефекты без подготовки контролируемой поверхности, трудоемкость и стоимость контроля, его производительность.

Неразрушающий контроль, методы дефектоскопии, вихретоковый метод, сельскохозяйственная техника.

To detect defects in machine parts and structural elements widely applied ultrasonic and eddy current flaw detection methods. The most important parameters that determine effectiveness of flaw detection method is sensitivity and reliability of method, ability to detect defects without preparation of test surface, labor and cost control, productivity.

Non-destructive testing, inspection methods, eddy current method, agricultural machinery.

УДК 631.55

ОСНОВИ ТЕОРІЇ РОЗРАХУНКУ СЕКЦІЙНОГО ТРАНСПОРТЕРУ КОНОПЛЕЖАТКИ

***В.А. Гридякін, кандидат технічних наук
Глухівський національний педагогічний університет
імені Олександра Довженка***

© В.А. Гридякін, 2014

14. Чаплыгин В.Н. Электромагнитный метод обнаружения и регистрации роста усталостных трещин / В.Н. Чаплыгин, Г.В. Абабков // Вопросы авиационной науки и техники. – 1995. – № 1. – С. 241–246.
15. Бида Г.В. Коэрцитиметрия в неразрушающем контроле / Г.В. Бида, А.П. Ничипурук // Дефектоскопия. – 2000. – №11. – С. 1–29.
16. Вильданов Р.Г. Магнитный интроскоп для контроля оболочковых конструкций нефтяной и нефтехимической промышленности / Р.Г. Вильданов // Нефтегазовое дело. – 2003. – С. 1–6.
17. Колегин В.П. Технические средства диагностирования / В.П. Колегин, А.В. Мозгалеvский. – М.: Судостроение. – 1984. – 208 с.
18. Вавилов В.П. Теплові методи неруйнуючого контролю : довідник / В.П. Вавилов. – М.: Машинобудування. – 1991. – 240 с.
19. Учанин В.Н. Методы количественного вихретокового контроля с определением параметров дефектов / В.Н. Учанин // Техническая диагностика и неразрушающий контроль, 2002. – № 1. – С. 33–38.

Для обнаружения дефектов в деталях машин и элементов конструкций широкое применение нашли ультразвуковые и вихретоковые методы дефектоскопии. Наиболее важными параметрами, определяющими эффективность того или иного метода дефектоскопии, является чувствительность и достоверность метода, возможность обнаруживать дефекты без подготовки контролируемой поверхности, трудоемкость и стоимость контроля, его производительность.

Неразрушающий контроль, методы дефектоскопии, вихретоковый метод, сельскохозяйственная техника.

To detect defects in machine parts and structural elements widely applied ultrasonic and eddy current flaw detection methods. The most important parameters that determine effectiveness of flaw detection method is sensitivity and reliability of method, ability to detect defects without preparation of test surface, labor and cost control, productivity.

Non-destructive testing, inspection methods, eddy current method, agricultural machinery.

УДК 631.55

ОСНОВИ ТЕОРІЇ РОЗРАХУНКУ СЕКЦІЙНОГО ТРАНСПОРТЕРУ КОНОПЛЕЖАТКИ

***В.А. Гридякін, кандидат технічних наук
Глухівський національний педагогічний університет
імені Олександра Довженка***

© В.А. Гридякін, 2014

Проаналізовано процес збору коноплі та наведені особливості розрахунку конструкції секційного транспортеру для виконання даного виду операцій.

Секційний транспортер, коноплежатка, збір коноплі.

Постановка проблеми. Існуюча технологія збирання конопель передбачає скошування і розстил стебел конопель на полі для сушіння або росяній мочки коноплежаткою РК-1,9, підбір зі стрічок розстилання сухих стебел у вигляді соломи або стланцевої трести з одночасною вузький в снопи коноплепідборником ПКВ-1, ручну укладку снопів в стоси, тюковку кип з одночасною обв'язкою їх шпагатом пристосуванням БЕК-55, вантаження і вивезення тюків з поля технічними засобами до місця замочки або скиртування. За рахунок механізації вантажно-розвантажувальних операцій, ця технологія дозволяє скоротити трудовитрати на прибирання конопель. Однак такі операції як укладання снопів в стоси, обв'язка тюків залишаються дуже трудомісткими. Снопових технологія призводить і до значних трудовитрат на пенькозавод. Перевесла снопів в цехах переробки пенькозавод видаляються, а порції вручну укладаються на транспортер сушарки. Крім того, коноплепідбірник на підйомі сланцевої трести конопель має низьку продуктивність через нестійкої роботи в'язального апарата на в'язці трести, тому строки збирання затягуються, це призводить до великих втрат вирощеного врожаю.

Мета досліджень – вдосконалення технології збирання конопель, спрямованого на скорочення трудомістких операцій, що виконуються вручну, розробка технології збирання конопель і комплекс машин для її здійснення.

Аналіз останніх досліджень. Технологія збирання конопель на зеленець з одночасним приготуванням сланцевої трести передбачає укладання стебел конопель у стрічку, обертання стрічок, формування рулонів із стрічок трести конопель, навантаження їх на транспортні засоби, транспортування на коноплезавод, розвантаження рулонів в скирти для зберігання або в цех для переробки.

Для укладання стебел конопель у стрічку, використовують коноплежатку ЖК-1,9 (рис. 1). Коноплежатка включає: ділильники 1, ріжучий апарат 2, секційний транспортер 3, відокремлювач зілля 4, упорні поверхні 5, стіл голчатого транспортеру 7, підбийку 6, розстилальний апарат 8.

Під час руху коноплежатки полем ділильники 1 поділяють стеблестій на окремі смужки і направляють в транспортувальні струмки секційного транспортеру 3. Паси секційного транспортеру

затискають стебла, які одночасно зрізуються ріжучим апаратом 2 і у вертикальному положенні транспортуються до столу голчатого транспортеру 7. На виході із секційного транспортеру кінцівки стебел на своєму шляху стикаються із упорними поверхнями 5 (Рис.2) і повертаються в пасах секційного транспортеру в напрямку їх руху. Кут нахилу стебел до горизонту, при цьому, наближається до кута нахилу стола голчатого транспортеру, що забезпечує укладку стебел на стіл голчатого транспортеру в стрічку з паралельно орієнтованих стебел.

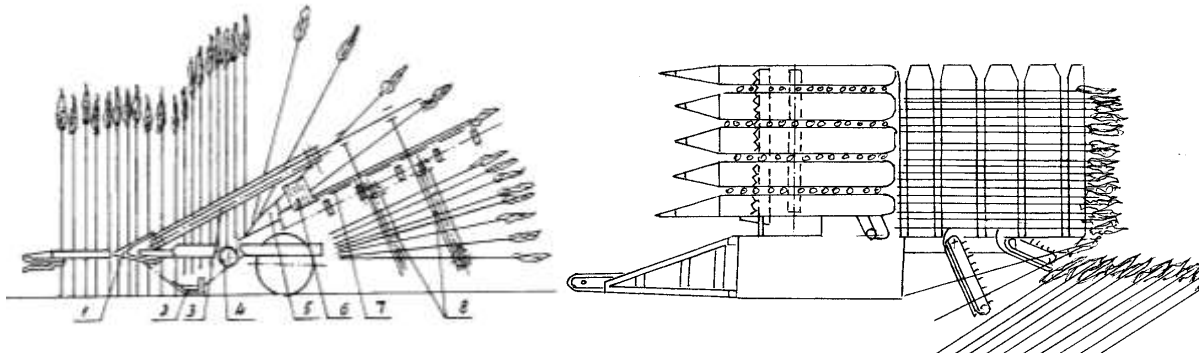


Рис. 1. Технологічна схема коноплежатки.

Голчатий транспортер захоплює і переміщує стебла до розтирального апарату. На шляху руху підбивка 6 вирівнює кінцівки стебел. Розтиральний апарат укладає стебла в стрічку на скошену частину поля під кутом до напрямку руху з розвертанням їх вершинами назад і вправо в сторону нескошеного поля.

Найскладнішим технологічним процесом коноплежатки є транспортування стебел секційним транспортером і укладка їх на стіл голчатого транспортеру в стрічку з паралельно орієнтованих між собою стебел. Хронометражні спостереження показують, що 80% всіх порушень технологічного процесу коноплежатки припадає на секційний транспортер.

Ґрунтовні дослідження секційних транспортерів провів Г.І. Гончаров. Він установив залежність між силою затиску стебел, їх діаметром та шириною пасів.

$$P < d_{cm}(0,014b_n+0,32), \quad (1)$$

де d_{cm} – діаметр стебел, мм; b_n – ширина транспортуючих пасів, мм.

Дослідження Г.І. Гончарова секційних транспортерів проведені в 60-х роках минулого століття. Тому актуального значення набуває проведення досліджень з метою підвищення технологічних і експлуатаційних показників роботи секційного транспортеру і жатки в цілому з урахуванням сучасних конструкцій і умов роботи коноплезбиральних машин, фізико-механічних властивостей стебел конопель, запропонованих технологій збирання.

Визначення сил тиску і натягу пасів секційного транспортеру.

Переміщення стебел в секційному транспортері забезпечується надійним затиском їх між пасами. Визначимо сили тиску і натягу пасів в струмках секційного транспортеру.

В секційних транспортерах коноплезбиральних машин застосовують зигзагоподібне розташування натяжних роликів в струмках. Схема струмка секційного транспортера показана на (рис. 2).

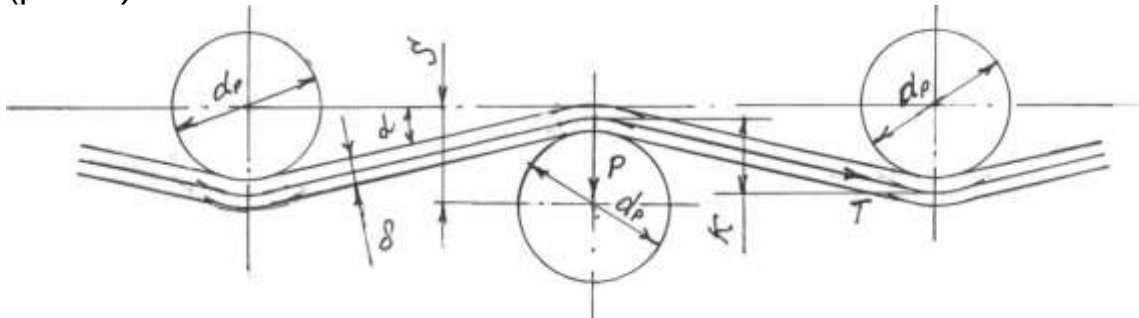


Рис. 2 Розташування натяжних роликів в струмках секційного транспортеру.

Тиск пасів на стебла залежить від конструктивних параметрів струмка секційного транспортера.

Кривизну струмка K визначимо:

$$K = (d_p + 2\delta - S) \quad (2)$$

де d_p – діаметр ролика; δ – товщина паса; S – відстань від осі ролика до зовнішньої поверхні паса.

Сили діючі в струмках секційного транспортеру визначимо із співвідношення:

$$\frac{K}{l} = \operatorname{tg} \alpha = \frac{P}{T} \quad (3)$$

$$P = \frac{K \times T \times \cos \alpha}{l} \quad (4)$$

де P – сила притискання пасів; T – сила натягу віток пасів; l – відстань між осями роликів пасів.

Сила притискання пасів повинна обмежуватись силою плющення стебел, яка визначена експериментально для стебел різного діаметру. Із залежності (4) сила натягу пасів секційного транспортеру не повинна перевищувати:

$$T = \frac{P \times l}{K \times \cos \alpha} \quad (5)$$

Визначення максимального прогину і максимального згинального моменту, що його створює. При проектуванні параметрів секційного транспортеру важливе значення мають максимальний прогин стебел і максимальний згинальний момент,

що його створює. Для визначення максимального прогину стебел і максимального моменту, розглянемо нижню частину стебла, що знаходиться під пасом як консольно защеПЛену балку (рис. 3).

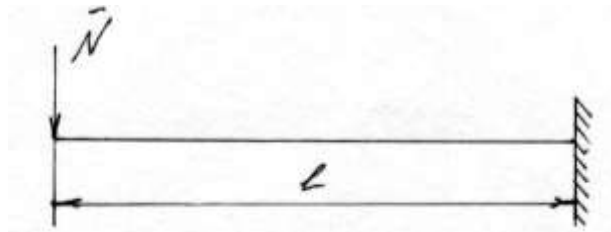


Рис. 3. Навантаження на комлеву частину стебла.

Довжину стебла l приймаємо із умови висоти захоплення стебла пасами секційного транспортеру над рівнем поверхні землі $l=500$ мм. Тоді максимальний згинальний момент становить: $M_{згн} = Nl$. Із курсу опору матеріалів відомо, що умова міцності на згин має вигляд:

$$\sigma_{max} = \frac{M_z}{W_z} \leq [\sigma],$$

де M_z – максимальний згинальний момент; W_z – статичний момент опору поперечного перерізу; $[\sigma]$ – допустимі згинальні напруження, приймаємо, як для м'яких порід деревини.

Приймаємо, що стебло має трубчатий поперечний переріз:

$$W_z = \frac{\pi d^3}{32} (1 - \alpha^4),$$

де d – зовнішній діаметр стебла; $\alpha = \frac{d_{\text{вн}}}{d}$; $d_{\text{вн}}$ – внутрішній діаметр стебла; $M_z = W_z[\sigma]$, силу N визначимо: $N = \frac{M_z}{l}$.

Максимальний прогин стебла f_{max} (рис. 4) визначимо із положень курсу опору матеріалів.

Диференціальне рівняння пружинної лінії стебла:

$$\frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{M_x}{EI_x} = -\frac{Nx}{EI_x}$$

Кут повороту перерізу θ :

$$\theta_{(x)} = - \int P x dx = -\frac{Nx^2}{2} + C$$

Прогин поперечного перерізу:

$$y_{(x)} = -\frac{Nx^2 dx}{2EI_x} + Cx + D = -\frac{Nx^3}{6EI_x} + Cx + D;$$

де C і D – постійні інтегрування.

Визначимо з початкових умов: при $x=l$; $y_{(e)} = 0$; $\theta_{(e)} = 0$.

$$C = \frac{Nl^2}{2EI_x}$$

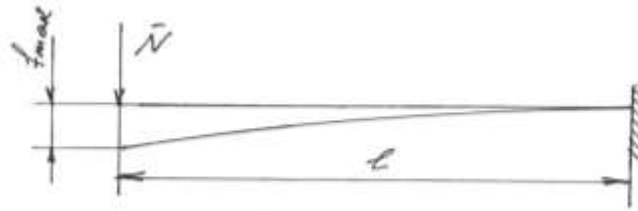


Рис. 4. Прогин стебел.

$$D = \frac{Nl^3}{6EI_x} - \frac{Nl^2}{2EI_x} = -\frac{Nl^2}{3EI_x}; \quad Y_{(x)} = -\frac{Nx^3}{6EI_x} + \frac{Nl^2}{2EI_x}x - \frac{Nl^3}{3EI_x};$$

де E – модуль пружності першого роду; I_x – момент інерції поперечного перерізу.

Максимальний прогин стебла при $x = 0$:

$$f_{max} = -\frac{Nl^3}{3EI_x};$$

Відгин стебел і моменти при яких вони відбуваються визначені також експериментально. Для стебел довжиною 2000 мм на відстані 500 мм від кінцівки з діаметром d максимальний прогин становить f_{max} при дії згинального моменту M_{max} .

Теорія транспортування стебел пасами секційного транспортеру. Вихід довгого волокна при переробці на коноплезаводі трести конопель напряму залежить від розположення стебел у стрічці, яка поступає на переробку. Сама ж стрічка конопель формується коноплежаткою з розтиляльним апаратом і одним з робочих органів від роботи якого залежать якісні параметри стрічки є секційний транспортер.

На секційний транспортер покладаються дві основні функції:

- надійно транспортувати зрізані стебла конопель без порушень технологічного процесу;
- укладання стебел на стіл голчатого транспортеру в стрічку паралельно зорієнтованих між собою стебел.

Хронометражні спостереження за діючими моделями коноплежаток дають можливість зробити наступні висновки: найбільше порушень технологічного процесу роботи секційного транспортеру відбувається при збиранні конопель висотою від 1,8 до 2,5 м (чим більша висота стебел тим більша кількість порушень). Порушення технологічного процесу відбуваються від завалювання стебел в бік протилежний руху машини (в напрямку руху секційного

транспортеру), а також від злому стебел над пасами секційного транспортеру.

Розглянемо рух стебел в секційному транспортері і визначимо зусилля діючі на стебла на особливо небезпечних ділянках руху.

Для проведення теоретичних досліджень приймемо стебла довжиною 2,0 м. Зрізані стебла конопель захоплюються пасами секційного транспортеру у вертикальному положенні на рівні 500-700 мм над рівнем поверхні землі. З урахуванням висоти зрізу (стерні) під пасами знаходиться 500 мм довжини стебла при його довжині 2 м і над пасами 1300 мм. При русі стебел в струмках секційного транспортеру нижня частина стебел на своєму шляху зустрічається з кожухом відокремлювача зілля в точці А (рис. 6).

В результаті чого стебло повинно деформуватися, а потім щоб не було зламу мати можливість повертатися в напрямку руху в пасах секційного транспортеру.

Оскільки стебла захоплюються пасами секційного транспортеру у вертикальному положенні, а укладання стебел на стіл голчатого транспортеру в стрічку паралельно орієнтованих між собою стебел можливий при куті нахилу стебел до горизонту при виході із секційного транспортеру, який наближається до кута нахилу стола голчатого транспортеру то поворот стебел можна використати в корисних цілях.

Поворот стебел в пасах секційного транспортеру обмежений в часі і можливий доки кінцівка не підніметься вище центра кожуха відокремлювача зілля (точка В). Проведена дотична до точки В кожуха відокремлювача визначить положення стебла в кінці повороту. Розглянемо умови рівноваги стебла на початку повороту і в кінці повороту.

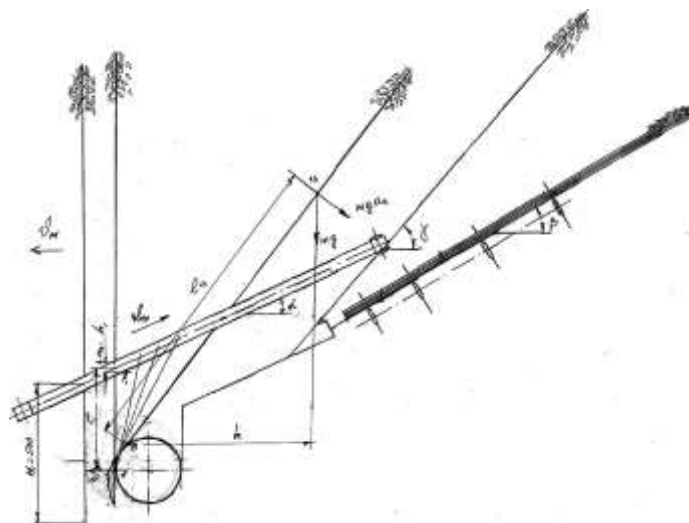


Рис. 5. Схема транспортування стебел секційним транспортером.

Складемо рівняння рівноваги на початку повороту:

$$M_{32} = M_f$$

де M_{32} – максимальний згинальний момент, який визначено з умови міцності;

$$M_{32} = Nl;$$

де M_f – момент сил тертя стебел у пасі.

$$M_f = F_1 h$$

де F_1 – сила тертя; $F_1 = fP$; f – коефіцієнт тертя стебел; P – сила тиску в струмку пасів; h – плече пари сил тертя;

$$h = \frac{2b}{3\cos\alpha}$$

де, b – ширина пасів; α – кут нахилу струмків секційного транспортеру.

Тоді момент сил тертя:

$$M_f = fP \frac{2b}{3\cos\alpha}$$

Поворот стебел в пасах струмків секційного транспортеру можливий, якщо згинальний момент M_{32} більший за момент тертя M_f . Згинальний момент визначений із умови міцності:

$$M_{32} = W_z \times [\sigma]$$

тобто:

$$W_z[\sigma] \geq fP \frac{2b}{3\cos\alpha};$$

В кінці повороту стебла (в положенні 2).

При відхиленні стебла від вертикального положення на верхню (над пасову) частину стебла діють сили, які додатково створюють обертальні моменти. До таких сил належать сила ваги верхньої частини стебла, яка прикладена в точці К центра ваги стебла і сила інерції ваги стебла.

З урахування моментів усіх сил в кінці повороту умова рівноваги має вигляд:

$$fP \frac{2b}{3\cos\alpha} = Nl + mgh + ma_r l_y$$

де mg – вага верхньої частини стебла; h – плече сили ваги відносно точки повороту; m – маса верхньої частини стебла; a_r – дотичне прискорення центра ваги верхньої частини стебла; l_y – відстань центра ваги верхньої частини стебла відносно точки повороту В.

З умови рівноваги можна зробити висновок, що в кінці повороту стебла, обертальний момент має більше значення на величину $mg h + m a_r l_y$ ніж на початку повороту. Тому виникає небезпека завалювання стебел в напрямку їх повороту. Особлива небезпека виникає при транспортуванні довгих стебел в період їх технічної стиглості.

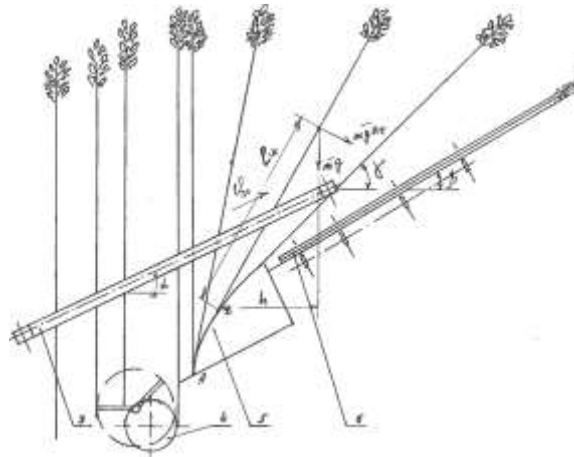


Рис. 6. Схема повороту стебел в струмках секційного транспортеру.

З метою унеможливлення завалювання стебел необхідно їх поворот виконувати на виході із секційного транспортеру, щоб при завершенні повороту стебла виходили із пасів секційного транспортеру і вільно рухались на стіл голчатого транспортеру. Для виконання заданих умов в поперечній площині струмків секційного транспортеру (рис. 6) установлені упорні поверхні 5, причому профіль поверхонь виконаний по евольвенті. Евольвентний профіль і розміри упорних поверхонь підібрані таким чином, що при повороті, кінцівки стебел рухаються тільки в напрямку руху секційного транспортеру не створюючи супротиву руху іншим стеблам і поворот завершується на виході стебел із секційного транспортеру. Кут нахилу стебел до горизонту, при цьому, наближається до кута нахилу стола голчатого транспортеру, що забезпечує укладку стебел на стіл голчатого транспортеру в стрічку з паралельно орієнтованих стебел.

Висновок. Розроблені технологічні процеси укладання стебел в стрічки розстилання, огортання стрічок, забезпечують скорочення тривалості процесу приготування трести на 45% порівняно з базовою технологією, а волокно, отримане з трести з оборачиванием стрічок стебел, оцінюється на один сорт вище. Розроблені технічні засоби і пристосування повністю скасовують ручна праця при рулонній технології та скорочують витрати праці на збиранні конопель у 2,7 рази.

Список літератури

1. Патент 12922 Україна, A01D45/00, A01D45/06. Спосіб перевертання стрічок стебел високостеблевих культур та підбирач-перевертувач для його здійснення. / В.С. Головій, В.О. Гридякін; ІЛК УААН; Заявл. 30.04.1991; Опубл. 28.02.1997, Бюл. №1 – 5 с.
2. Теория, конструкция и производство сельскохозяйственных машин / ВИСХОМ, Т.5: Проектирование, расчеты, конструкция. – М.-Л.: Сельхозгиз, 1940. – 646 с.
3. Справочник конструктора сельскохозяйственных машин [Текст] : в 4-х т./ ред. М.И. Клецкин. Т.3. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1969. – 743 с.
4. Теория, конструкция и производство сельскохозяйственных машин / ВИСХОМ; общ. ред. В.П. Горячкин. Т. 3: Теория. – М.-Л.: Сельхозгиз, 1936. – 780 с.

Проанализирован процесс сбора конопли и приведены особенности расчета конструкции секционного транспортера для выполнения данного вида операций.

Секционный транспортер, коноплежатка, сбор конопли.

Analyzed process of collecting and hemp are features of structure analysis sectional conveyor to perform this type of operations.

Sectional conveyor, hemp reaper, harvesting hemp.

УДК 631.316

ФІЗИЧНА ПРИРОДА ВИНИКНЕННЯ РЕЗОНАНСНИХ КОЛИВАНЬ ПРИ РОБОТІ КУЛЬТИВАТОРНИХ ЛАП З ПРУЖНОЮ ПІДВІСКОЮ

Ю.О. Гуменюк, кандидат технічних наук

У роботі з'ясований фізичний механізм виникнення резонансів у системі «вібраційна розпушувальна лапа - ґрунт» та проведено розрахунок раціональних параметрів взаємодії робочих органів з ґрунтом з урахуванням суттєвої нелінійності лапи і ґрунту як пружно-в'язко-пластичного середовища.

Резонанс, розпушування, вібрація, лапа культиватора, ґрунт.

Постановка проблеми. Питання щодо обґрунтування раціональних параметрів ґрунтообробних робочих органів вібраційного типу пов'язане з необхідністю аналізу їх поведінки від

© Ю.О. Гуменюк, 2014

Список літератури

1. Патент 12922 Україна, A01D45/00, A01D45/06. Спосіб перевертання стрічок стебел високостеблевих культур та підбирач-перевертувач для його здійснення. / В.С. Головій, В.О. Гридякін; ІЛК УААН; Заявл. 30.04.1991; Опубл. 28.02.1997, Бюл. №1 – 5 с.
2. Теория, конструкция и производство сельскохозяйственных машин / ВИСХОМ, Т.5: Проектирование, расчеты, конструкция. – М.-Л.: Сельхозгиз, 1940. – 646 с.
3. Справочник конструктора сельскохозяйственных машин [Текст] : в 4-х т./ ред. М.И. Клецкин. Т.3. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1969. – 743 с.
4. Теория, конструкция и производство сельскохозяйственных машин / ВИСХОМ; общ. ред. В.П. Горячкин. Т. 3: Теория. – М.-Л.: Сельхозгиз, 1936. – 780 с.

Проанализирован процесс сбора конопли и приведены особенности расчета конструкции секционного транспортера для выполнения данного вида операций.

Секционный транспортер, коноплежатка, сбор конопли.

Analyzed process of collecting and hemp are features of structure analysis sectional conveyor to perform this type of operations.

Sectional conveyor, hemp reaper, harvesting hemp.

УДК 631.316

ФІЗИЧНА ПРИРОДА ВИНИКНЕННЯ РЕЗОНАНСНИХ КОЛИВАНЬ ПРИ РОБОТІ КУЛЬТИВАТОРНИХ ЛАП З ПРУЖНОЮ ПІДВІСКОЮ

Ю.О. Гуменюк, кандидат технічних наук

У роботі з'ясований фізичний механізм виникнення резонансів у системі «вібраційна розпушувальна лапа - ґрунт» та проведено розрахунок раціональних параметрів взаємодії робочих органів з ґрунтом з урахуванням суттєвої нелінійності лапи і ґрунту як пружно-в'язко-пластичного середовища.

Резонанс, розпушування, вібрація, лапа культиватора, ґрунт.

Постановка проблеми. Питання щодо обґрунтування раціональних параметрів ґрунтообробних робочих органів вібраційного типу пов'язане з необхідністю аналізу їх поведінки від

© Ю.О. Гуменюк, 2014

дії на них ґрунтового середовища, а також знання процесів, які при цьому відбуваються в ґрунті. Оскільки будь-який реальний коливний процес супроводжується розсіюванням енергії, то виникає необхідність пояснення природи обміну енергії між робочим органом і ґрунтовим середовищем і на основі цих знань зрозуміти причину зниження тягового опору ґрунтообробного знаряддя.

Аналіз останніх досліджень. Щодо природи виникнення коливань робочого органа, існує багато міркувань. Основні з них полягають в тому, що причиною виникнення коливань є змінний характер сил опору ґрунту, який обумовлений його неоднорідністю і особливостями руйнування відповідно до трифазної природи руйнування ґрунту [1, 3, 4, 6, 7, 11]. На думку дослідників, періодичні сколювання ґрунту під дією робочого органа і є причиною коливань останнього.

Інша гіпотеза ґрунтується на тому, що причиною виникнення коливань є нелінійний характер взаємодії ґрунту з робочим органом при його пружних зміщеннях [5, 8, 9]. На думку авторів, при взаємодії робочого органа на пружній стійці з ґрунтовим середовищем робочий орган починає коливатися. Характер коливань залежить від властивостей і параметрів системи «пружний елемент – тіло – контактуюче середовище». В роботі [3] зазначається, що оптимальне руйнування ґрунту відбувається за умови коли частота вібруючого робочого органа повинна бути наближеною до частоти хвиль напруження, тобто при резонансі.

Однак такий підхід стосується лінійних задач. Враховуючи нелінійність ґрунту і робочого органа, нами зроблена спроба представити інший фізично обґрунтований механізм збудження резонансних коливань в оброблюваному ґрунті при взаємодії з лапою культиватора.

Мета досліджень полягає у з'ясуванні фізичної природи (фізичного механізму) виникнення резонансів у системі «вібраційна розпушувальна лапа – ґрунт» та розрахунку раціональних параметрів взаємодії робочих органів з ґрунтом з урахуванням суттєвої нелінійності лапи і ґрунту як пружно-в'язко-пластичного середовища.

Розрахунок раціональних параметрів взаємодії робочих органів з ґрунтом можуть вестись на основі двох концепцій обміну енергією між робочим органом і середовищем, що обробляється:

1. У системі виникає головний резонанс $\psi_{\text{ґрунту}}/\psi_{\text{лапи}}=1$, тобто частота коливань робочого органа (лапи) збігається із частотою коливань ґрунту. Ця концепція стосується лінійних задач.

2. При врахуванні суттєвої нелінійності лапи і ґрунту як пружно-в'язко-пластичного середовища, слід вважати найбільш сприятливими умови виникнення субрезонансу, тобто $\psi_{\text{ґрунту}} \approx \psi_{\text{лапи}}$. Якщо розглядати

взаємодію за другою концепцією, тоді частота й амплітуда резонансних коливань ґрунту буде визначатись з нелінійної задачі (нелінійний ґрунт, нелінійна лапа) методом гармонічної лінеаризації.

Згідно з [6], процес взаємодії лапи на жорсткій та пружній підвісках з ґрунтом, описується таким чином. Під час роботи робочого органа на жорсткій підвісці, ґрунт періодично сколюється. Спочатку ґрунт стискається на ділянці b (рис. 1,а), при цьому опір F переміщенню лапи збільшується до максимального значення F_{max} , а після сколювання ґрунту – знижується до мінімального значення F_{min} . При переміщенні лапи на пружній підвісці в початковий момент ґрунт також стискається на ділянці b , але при цьому лапа відхиляється проти напрямку руху, стискаючи пружний елемент і нагромаджуючи потенціальну енергію пружного елемента, яку віддає після сколювання ґрунту у вигляді роботи на ділянці a (рис. 1,б).

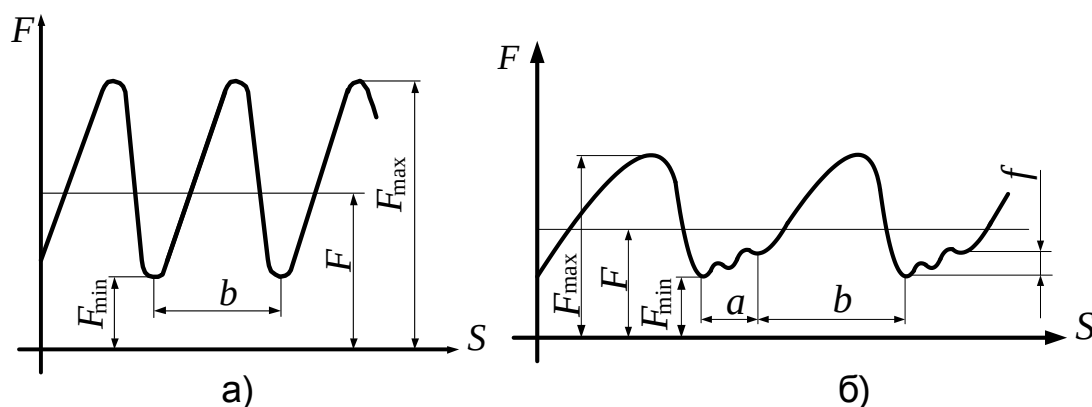


Рис. 1. Опір переміщенню робочого органа на пружній та жорсткій підвісках в ґрунті за даними П.П. Карпуші і Г.О. Рябцева [6]: а – за жорсткої підвіски; б – за пружної підвіски.

Використовуючи позначення цитованої вище роботи, була зроблена спроба представити інший фізично обґрунтований механізм збудження резонансних коливань в оброблюваному ґрунті при взаємодії з лапою культиватора.

З урахуванням уточнень введених в роботу [6] необхідні формули та закономірності набувають наступного вигляду (збережені позначення роботи [6]). Рівність робіт, які виконуються силами F (для жорсткої лапи), та f та f' (для лапи з пружною підвіскою) на ділянці $a+b$ можна записати у вигляді:

$$f(a+b)=F(a+b) - fa. \quad (1)$$

$$\text{Звідки} \quad f = F - f' (a/(a+b)) (a+b) fa. \quad (2)$$

Фактичне максимальне значення зусилля пружного імпульсу f'' через дійсну амплітуду коливань можна виразити так:

$$f'' = CA = 2 f', \quad (3)$$

де C – жорсткість пружного елемента; A – дійсна амплітуда коливань лапи на пружній підвісці.

Величина CA є максимальним зусиллям, якого надає лапа за рахунок накопиченої потенціальної енергії пружного елемента при відхиленні лапи назад від положення рівноваги. Величина цього відхилення обумовлена різницею опорів ґрунту в моменти його стискання і сколювання.

Потенціальну енергію Π , яка накопичується пружним елементом, можна виразити через роботу W різниці сил опору ґрунту на ділянці a . Потенціальна енергія визначається залежністю:

$$\Pi = CA^2/2. \quad (4)$$

Для роботи запишемо:

$$W = ((F_{\max} - F_{\min})/2\psi)A, \quad (5)$$

де $F_{\max}$ – опір жорсткої лапи в момент максимального стискання ґрунту; $F_{\min}$ – опір жорсткої лапи в момент сколювання ґрунту; ψ – коефіцієнт затухання вільних коливань лап, який враховує втрати у підвісці.

Прирівнюючи значення потенціальної енергії і роботи, отримаємо:

$$CA^2/2 = ((F_{\max} - F_{\min})/2\psi)A. \quad (6)$$

З урахуванням (2), вираз (6) можна записати у вигляді:

$$f' = (F_{\max} - F_{\min})/2\psi. \quad (7)$$

Позначивши $F_{\max} - F_{\min} = \Delta P$, запишемо

$$f' = \Delta P/2\psi \quad (F_{\max} - F_{\min})/2\psi \Rightarrow \Delta P = 2\psi f'. \quad (8)$$

Підставимо значення f' з рівняння (8) у (2) і отримаємо

$$\Delta f = \Delta P/2\psi(a/(a+b)). \quad (9)$$

і

$$f = F - \Delta f, \quad (10)$$

де Δf – середнє значення зниження опору лапи на пружній підвісці порівняно із жорсткою; f – опір лапи на пружній підвісці.

Величини $a+b$ з рівняння (9) можна виразити через відповідні швидкості і частоти:

$$A = (V_M + A\omega_\partial)/\omega_\partial. \quad (11)$$

$$a+b = (V_M/Z), \quad (12)$$

де V_M – швидкість руху агрегату, м/с; ω_∂ – дійсна частота коливань лапи при ході її в ґрунті, c^{-1} ; A – середня амплітуда коливань, мм; Z – частота сколювання ґрунту лапою на пружній підвісці, c^{-1} .

Підставляючи значення a і $a+b$ у вираз для Δf , отримаємо:

$$\Delta f = \Delta P/2\psi(a/(a+b)) = (2\psi f'/2\psi)(a/(a+b)) = f'(a/(a+b)) = (CA/2)(a/(a+b))$$

або

$$\Delta f = CAZ/2((V_M + A\omega_\partial)/(V_M\omega_\partial)). \quad (13)$$

Після розкладання виразу в дужка на доданки і подальших перетворень, вираз (13) можна записати у вигляді:

$$\Delta f = (CA/2)(Z/\omega_\partial + Z/(V_M/A)). \quad (14)$$

$$\text{або} \quad \Delta f = (CA/2)(Z/\omega_\partial + 2\pi Z/(V_M/A)). \quad (14.1)$$

Доданок z/ω_∂ – описує субрезонанси, які виникають в ґрунті під впливом коливань лапи. Доданок $2\pi Z/(V_M/A)$ описує ефекти

кінематичного типу, які виникають внаслідок руху лапи з одночасним випромінюванням вібраційних полів, тобто лапа це рухоме джерело вібрації, щось на кшталт ефекту Допплера.

Кожна з цих ситуацій має свої умови збудження, зокрема поріг збудження (кількість енергії, необхідної для збудження).

Для виникнення субрезонансів необхідно меншу кількість енергії за інших однакових умов (порівняно з головним резонансом, суперрезонансами та резонансами дробового порядку). Особливо низький поріг (найлегше збудження має субрезонанс 1/2 порядку. До речі, спостережувані в експериментах хаотичні коливання реалізуються у першу чергу завдяки наявним у суттєво нелінійній системі субрезонансам. Виходячи з наявних експериментальних і теоретичних викладок, поданих у [6], нижче наводимо інший фізично обґрунтований механізм збудження резонансних коливань в оброблюваному ґрунті при взаємодії з лапою культиватора. Цей механізм полягає у тому, що в подібних суттєво нелінійних механічних системах, в першу чергу, збуджуються субрезонансні коливання (оскільки для них найкращі енергетичні умови).

Додатковий механізм, який сприяє виникненню субрезонансів у цій системі, пов'язаний з особливостями кінематики цієї задачі. Адже рухоме джерело вібрації випромінює перед собою в оброблюваний ґрунт більшу частоту, ніж нерухоме джерело вібрації (аналог ефекту Допплера). Наявність інших частот (крім основної і субрезонансної) у процесі взаємодії лапи і ґрунту збагачує спектр частот впливу на ґрунт і прискорює його руйнування.

Отже, найбільш вигідним є такий режим:

$$Z/\omega_0=1/2 \quad (Z=\omega_0/2 \text{ субрезонанс}) \quad (15)$$

$$2\pi Z/(V_M/A)=Z/(V_M/2\pi A)=1/4 - (\text{субрезонанс } 1/4 \text{ порядку}) \quad (16)$$

$$Z=1/4(V_M/2\pi A). \quad (17)$$

Розглянемо асимптотичні формули для деяких випадків функціонування системи $\Delta f=(CA/2)(Z/\omega_0+Z/(V_M/A))$.

4. $Z/\omega_0 \ll 1$ – цьому випадку резонанс виникає на Допплерівському зсуві:

$$\Delta f=(CA/2)(Z/(V_M/A))=Z/V_M. \quad (18)$$

Зниженні тягового опору можна отримати при збільшенні жорсткості підвіски, збільшенні амплітуди коливань, збільшенні частоті сколювання ґрунту і зменшенні швидкості руху машини ($\Delta f \uparrow \rightarrow C \uparrow; A \uparrow; Z \uparrow; V_M \downarrow$). Цей варіант не є вигідним через необхідність зменшення швидкості.

5. $V_M/A \gg Z$. В цьому випадку зниження тягового опору можна отримати при збільшенні жорсткості підвіски, збільшенні амплітуди коливань, збільшенні частоті сколювання ґрунту і зменшенні частоти вільних коливань робочого органа.

$$\Delta f = (CA/2)(Z/\omega_0), (\Delta f \uparrow \rightarrow C \uparrow; A \uparrow; Z \uparrow; \omega_0 \downarrow). \quad (19)$$

6. $Z/\omega_0 \rightarrow 1$; $Z/(V_M/A) \rightarrow 1$ – стан, коли головний резонанс і Допплерівський зсув збігаються із частотою сколювання ґрунту, тоді:

$$\Delta f = (CA/2)(1+1) = CA. \quad (20)$$

при умові $V_M/A = \omega_0$. Оскільки досягти $Z/\omega_0 \rightarrow 1$; $Z/(V_M/A) \rightarrow 1$ нереально, то нереальною є умова $V_M/A = \omega_0$.

Наявні експериментальні результати іноді суперечать концепції 1 (робастної моделі), тому для розробки більш адекватної моделі цієї задачі (концепція 2) наведений вище варіант розрахунків враховує нелінійні властивості взаємодії робочого органа з ґрунтом (уточнена модель). Ступінь адекватності кожної із запропонованих моделей (робастної і уточненої) визначається конкретними характеристиками робочого органа, або моделі ґрунту.

Крім того, в процесі взаємодії вібраційної лапи з ґрунтом виникають два типи резонансів. Перший тип резонансу – резонанс пласта або чвертьхвильовий резонанс (на $1/4$ довжини хвилі) (рис. 2), виникає за умови збігу частот коливань робочого органа і ґрунту і при якому відбувається максимальна дисипація вібраційної енергії в ґрунт [3].

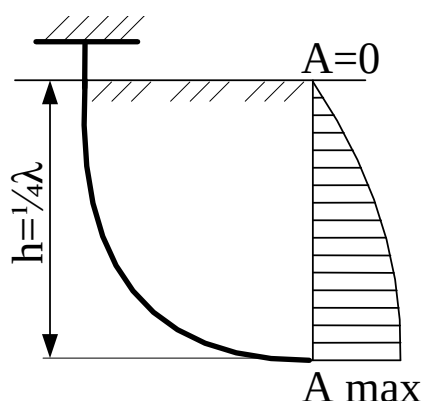


Рис. 2. Схема взаємодії лапи з ґрунтом за умов резонансу пласта ґрунту.

Вираз для визначення резонансної частоти, яка виникає при взаємодії лапи і ґрунту за умови максимальної амплітуди кінця лапи і мінімальної в місці кріплення, має вигляд:

$$f = c/(4h_s), \quad (21)$$

де c – швидкість поширення хвиль сколу, м/с; h_s – товщина пласта ґрунту, що обробляється (глибина обробітку), м.

Згідно з теорією деформації і руйнування ґрунту як пружно-пластичного середовища [10] інший тип резонансу – параметричний, пов'язаний з тим, що під час прикладання до елементарної тріщини (пори) вібрацій, в ній виникають коливання, які призводять до зміни її розмірів (розростання тріщини). Таким чином, для руйнування ґрунту необхідно, щоб поверхневої енергії вібрації, прикладеної до початку

тріщини, вистачило для розростання тріщини. З процесом зміни параметрів тріщини пов'язаний коефіцієнт інтенсивності напружень K_{in} , який є коефіцієнтом складової рівняння для визначення потоку енергії:

$$G=(1-\nu^2)(K^2/E), \quad (22)$$

де ν – коефіцієнт Пуассона; K – коефіцієнт інтенсивності напружень, який характеризує напруження в околі початку тріщини, $(H/m^2)m^{1/2}$; E – модуль пружності, H/m^2 .

Зміна параметрів тріщини (її довжини) за постійної дії вібрації в системі «робочий орган – ґрунт» призводить до виникнення параметричних резонансів в околі початку тріщини. Це відбувається не одразу, – коефіцієнт інтенсивності напружень набуває максимального значення за умови:

$$(\omega l)/c=1, \quad (23)$$

де ω – частота збурень, $рад/с$; l – половина довжини ґрунтової тріщини, $L=2l$, $м$.

Тобто, коли тіло навантажується імпульсним або гармонічним навантаженням, спостерігається інерційний ефект (рис. 3). Таким чином, довжина тріщини є параметром, який змінюється в часі під дією вібраційного поля, і умова (23) буде умовою збурення головного параметричного резонансу на найнижчій частоті. Вираз для визначення лінійної частоти коливань у випадку параметричного резонансу має вигляд:

$$f_p=c/(\pi L). \quad (24)$$

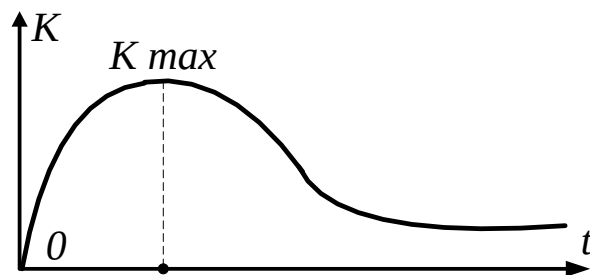


Рис. 3. Інерційний ефект при імпульсному або гармонійному навантаженні.

Умова [3] про чвертьхвильовий резонанс пласта ґрунту, який максимально поглинає енергію від робочого органа, відповідає умові виникнення головного параметричного резонансу, якщо вважати, що швидкість поширення хвиль сколу в ґрунті, який має α концентрацію повітря, визначається емпіричною формулою $c=3,6/(\alpha(\alpha-1))$, аналогічною до формули І.І. Блехмана [2].

Висновки

1. Розрахунок раціональних параметрів взаємодії робочих органів з ґрунтом можуть вестись на основі двох концепцій обміну енергією між

робочим органом і середовищем, що обробляється: за концепцією головного резонансу $\psi_{\text{грунту}}/\psi_{\text{лапи}}=1$ (лінійні задачі), та концепції субрезонансу $\psi_{\text{грунту}} \approx \psi_{\text{лапи}}$ (з урахуванням суттєвої нелінійності лапи і ґрунту).

2. Якщо розглядати взаємодію за другою концепцією, тоді частота й амплітуда резонансних коливань ґрунту буде визначатись з нелінійної задачі (нелінійний ґрунт, нелінійна лапа) методом гармонічної лінеаризації.

3. Для виникнення субрезонансів необхідно меншу кількість енергії за інших однакових умов (порівняно з головним резонансом, суперрезонансами та резонансами дробового порядку). Особливо низький поріг (найлегше збудження має субрезонанс 1/2 порядку).

4. Спостережувані в експериментах хаотичні коливання реалізуються у першу чергу завдяки наявним у суттєво нелінійній системі субрезонансам.

5. Отримані у роботі результати можуть бути у подальшому використані для вдосконалення та уточнення існуючих інженерних методів розрахунку розпушувальних лап культиваторів як на стадіях їх проектування і конструювання, так і у режимах реальної експлуатації.

Список літератури

1. Базаров В.П. Обоснование параметров нелинейных упругих подвесок рабочего органа культиватора : дис. ... канд. тех. наук / В.П. Базаров. – Мелитополь, 1983. – 145 с.
2. Блехман И.И. Об эффективных коэффициентах трения при вибрациях / И.И. Блехман, Г.Ю. Джанелидзе // Известия АН СССР. – 1958. – №7. – С. 98–101.
3. Василенко П.М. Некоторые вопросы теории вибрационных процессов / П.М. Василенко // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. – 1962. – № 3. – С. 17–21.
4. Дубровский А.А. Вибрационная техника в сельском хозяйстве [Текст] / А.А. Дубровский. – М.: Машиностроение, 1968. – 203 с.
5. Игнатенко И.В. О механизме автоколебаний рабочих органов / И.В. Игнатенко, В.А. Фокин // Динамика узлов и агрегатов сельскохозяйственных машин: сб. статей. – Ростов-на-Дону : РИСХМ, 1978. – С. 75–79.
6. Карпуша П.П. Некоторые результаты исследований работы культиватора с упругой подвеской лап / П.П. Карпуша, Г.А. Рябцев // Науч. тр. МИМСХ. – Мелитополь. – 1967. – Т. 5, Вып. 1. – С. 76–90.
7. Кушнарев А.С. Механико-технологические основы обработки почвы [Текст] / А.С. Кушнарев, В.И. Кочев. – К.: Урожай, 1989. – 144 с.
8. Левицкий С.В. Исследование виброэффекта упругой подвески рабочих органов скоростного лапового культиватора : автореф. дис. канд техн. наук / С.В. Левицкий. – Ростов-на-Дону, 1981. – 20 с.
9. Моргачев В.Е. О причине возникновения автоколебаний при работе культиваторной лапы на упругой стойке / В.Е. Моргачев // Науч. тех. бюл. ВИМ. – М., 1970. – Вып. 7-8. – С. 19–23.

10. Партон В.З. Механика упругопластического разрушения / В.З. Партон, Е.М. Морозов. – М.: Наука, 1985. – 504 с.
11. Рябцев Г.А. К методике определения составляющих тягового сопротивления культиваторных лап / Г.А. Рябцев // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. – 1967. – № 6. – С. 55–56.

В работе выяснен физический механизм возникновения резонансов в системе «вибрационная разрыхлительная лапа - почва» и проведен расчет рациональных параметров взаимодействия рабочих органов с почвой с учетом существенной нелинейности лапы и почвы как упруго-вязко-пластической среды.

Резонанс, рыхление, вибрация, лапа культиватора, почва.

The paper clarified the physical mechanism of resonances in system "oscillation tillage tool - soil" and conducted calculation of rational parameters of interaction of tillage tools with soil, taking into account material nonlinearity tools and soil as elastic-visco-plastic medium.

Resonance, loosening, vibration, cultivator share, soil.

УДК 631.794

ЗАКОНОМІРНОСТІ МЕХАНОХІМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ПРИ АБРАЗИВНОМУ ЗНОШУВАННІ МАШИН

М.І. Денисенко, кандидат технічних наук

У статті описано комплексне дослідження абразивних процесів на деталях машин і робочих органах, оцінка механіки деформування і хімії взаємодії з середовищем.

Абразивне зношування, робочі органи, поверхня тертя, леміш плугу.

Постановка проблеми. Під терміном «абразивний знос» розуміємо руйнування поверхонь тертя під впливом твердих частинок, що є в зоні тертя. Таким чином, до цього виду відносимо знос, який визивається частками, що відокремлюються в процесі тертя. Абразивне зношування на протязі тривалого часу зв'язували виключно з ріжучим впливом абразивних частинок, що здавалося цілком очевидним, і на протязі багатьох десятиліть не зазнавало сумнівів. Дослідження показали, що абразивні частинки, контактуючи

© М.І. Денисенко, 2014

10. Партон В.З. Механика упругопластического разрушения / В.З. Партон, Е.М. Морозов. – М.: Наука, 1985. – 504 с.
11. Рябцев Г.А. К методике определения составляющих тягового сопротивления культиваторных лап / Г.А. Рябцев // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. – 1967. – № 6. – С. 55–56.

В работе выяснен физический механизм возникновения резонансов в системе «вибрационная разрыхлительная лапа - почва» и проведен расчет рациональных параметров взаимодействия рабочих органов с почвой с учетом существенной нелинейности лапы и почвы как упруго-вязко-пластической среды.

Резонанс, рыхление, вибрация, лапа культиватора, почва.

The paper clarified the physical mechanism of resonances in system "oscillation tillage tool - soil" and conducted calculation of rational parameters of interaction of tillage tools with soil, taking into account material nonlinearity tools and soil as elastic-visco-plastic medium.

Resonance, loosening, vibration, cultivator share, soil.

УДК 631.794

ЗАКОНОМІРНОСТІ МЕХАНОХІМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ПРИ АБРАЗИВНОМУ ЗНОШУВАННІ МАШИН

М.І. Денисенко, кандидат технічних наук

У статті описано комплексне дослідження абразивних процесів на деталях машин і робочих органах, оцінка механіки деформування і хімії взаємодії з середовищем.

Абразивне зношування, робочі органи, поверхня тертя, леміш плугу.

Постановка проблеми. Під терміном «абразивний знос» розуміємо руйнування поверхонь тертя під впливом твердих частинок, що є в зоні тертя. Таким чином, до цього виду відносимо знос, який визивається частками, що відокремлюються в процесі тертя. Абразивне зношування на протязі тривалого часу зв'язували виключно з ріжучим впливом абразивних частинок, що здавалося цілком очевидним, і на протязі багатьох десятиліть не зазнавало сумнівів. Дослідження показали, що абразивні частинки, контактуючи

© М.І. Денисенко, 2014

з поверхневим шаром, створюють в ньому широкий спектр контактних напружень, характер розподілу яких і верхня межа числових значень залежать від властивостей матеріалу, що зношується, а також від твердості, форми, розміру частинок і умов їх впливу на поверхню деталі.

Детальні дослідження М.М. Хрущова і М.І. Бабічева, узагальнені в роботі [1], присвячені в основному дослідженню абразивного зношування жорстко закріпленим абразивом (зношування здійснювалося по абразивній шкірці). Дійсно, в своїх дослідках, автори спостерігали утворення стружки. Але це явище не мало всебічного характеру.

За існуючими уявленнями, основою абразивної взаємодії при роботі деталей і робочих органів машин є механічні процеси пошкодження і руйнування основного матеріалу поверхонь тертя. Це привело до одностороннього підходу при вирішенні практичних завдань. Неминучі механохімічні процеси, що визначають процеси тертя при абразивному зношуванні більшості деталей і робочих органів машин, практично не вивчені.

Аналіз останніх досліджень. Дослідження починали з всебічного вивчення стану поверхонь тертя і поверхневих шарів деталей машин та умов їх експлуатації, що дозволило виявити фактори, які обумовлюють протікання механохімічної форми абразивного зношування, та встановити причини розвитку якого-небудь іншого патологічного процесу руйнування поверхні, якщо такий має місце. [2,3]. Всі дослідження поверхневих шарів металів здійснювали за допомогою металознавчого аналізу і методів експериментальної фізики. Аналіз процесів зношування деталей машин здійснювали з точки зору структурно-енергетичної теорії. Розділення видів абразивного зношування дозволило створити випробувальну установку для відтворення не формальних зовнішніх умов роботи конкретних вузлів тертя, а процесів зношування і пошкодження, що спостерігаються при роботі реальних деталей машин. Випробування спочатку здійснювалися в лабораторних умовах на обладнанні ПАТ «НДІферммаш». В якості зношуваного середовища використовується повітряно-абразивний потік дробоструменевого поста власного виготовлення. Абразивним матеріалом є дріб чавуну, колотий за ГОСТ 11964-81 з розмірами частинок від 40 до 1500 мкм, різної форми. Твердість 58-64 HRC. Кут впливу потоку до поверхні зносу деталей 75° . Відстань від зрізу сопла до поверхні зносу 50-60 мм. Діаметр сопла 8 мм, пляма абразивного потоку на робочій відстані 20 мм. Тиск повітря в магістралі 50-60 МПа. Заміри величини зносу проводилися після витрат 100, 200, 300 грамів абразиву, випробування припинялися

після виробки до основи покриття або напаяних пластин. Зносостійкість матеріалу деталей машин, виготовлених зі сталі 65Г з загартуванням СВЧ, прийнята за 1,0. Найбільшу зносостійкість (в 150 разів в порівнянні зі сталлю 65Г) має твердий сплав ВК-6; потім НТН-30 (120 разів); ТК-2 (30 разів); сталь Р6М5 (6 разів); реліт (наплавлення) в 4,3 рази; сталь 65Г (лазерне гартування) 1,2 рази.

Зразки порошкових нанокомпозитів досліджували методами: растрової (сканувальної) електронної мікроскопії РЕМ (СЕМ); електронної Оже спектроскопії, ЕОС-надвисоко вакуумний Оже-мікрозонд марки JEOL JAMP-10S. Концентрацію елементів оцінювали за інтенсивністю характерних Оже-ліній та відповідних коефіцієнтів відносної чутливості за відомою [4] формулою:

$$C_i = \frac{I_i/g_i}{\sum_{k=1}^n I_k/g_k}, \quad (1)$$

де C_i , I_i та g_i – концентрація (в ат. %), інтенсивність всієї Оже-лінії або її характерної частини та коефіцієнт відносної чутливості для i -го елемента відповідно; n – загальна кількість всіх елементів, концентрація яких розраховується.

Мета досліджень – вивчення механохімічної форми абразивного зношування та розробка обґрунтованих заходів по підвищенню зносостійкості деталей робочих органів сільськогосподарських машин, що експлуатуються в абразивному середовищі.

Результати досліджень. Різання ґрунту та рослин є розповсюдженою технологічною операцією в агропромисловому комплексі: оранка, культивація, боронування, косіння трав, подрібнення силосу, збирання зернових і технічних культур та інші операції складають не менш як 70% всього об'єму механізованих робіт. При взаємодії з ґрунтом робочі органи ґрунтообробних і посівних машин зазнають інтенсивного абразивного зношування. В той же час, від стану леза робочого органу сільськогосподарської машини залежать, в першу чергу, такі показники роботи, як ступінь подрізання бур'янів, середня глибина культивації, ступінь подрібнення, стійкість ходу лап (лемеша) за глибиною, опір руху агрегату. Підвищення зносостійкості робочих органів сільськогосподарських машин вітчизняного виробництва є актуальною проблемою для виробників і споживачів, тому що ресурс роботи багатьох елементів нижче закордонних аналогів в 2-3 рази.

Перші спроби моделювання були поєднані зі встановленням залежностей швидкості зношування від загальновідомих механічних характеристик: твердості, тимчасового опору розриву, межі втоми, модулю нормальної пружності. Найбільш вдало цей підхід використаний для моделювання абразивного зношування. В

створених моделях абразивного зношування розрізняють ковзання деталі по монолітному абразиву, вільному абразиву в насипному стані, удар з монолітним або вільним абразивом, гідро і газоподібне зношування та різна взаємодія контактуючих деталей з абразивними частками. Складність та не стаціонарність процесу, його випадковий характер не дозволили створити загальну теорію абразивного зношування. Вид зношування визначається характером взаємодії абразивних частинок з поверхневим шаром матеріалу. На деталях сільськогосподарських машин спостерігається абразивне зношування трьох видів, в кожному з яких є два підвиди (табл.). В таблиці деталі машин згруповані за ознакою спільності видів зношування, що дозволяє вивчати зносостійкість матеріалів незалежно від розмірів, форми та функціонального призначення деталей [5]. Дослідження форми абразивних частинок структури, геометрії та елементного складу різних груп деталей і робочих органів машин показало, що ведучим видом зношування є механохімічна форма абразивного зношування.

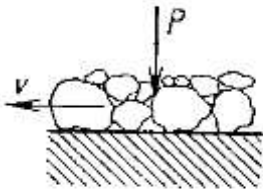
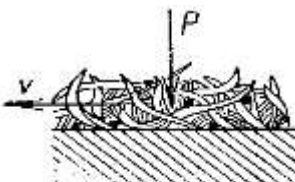
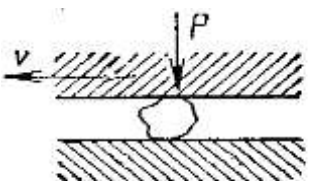
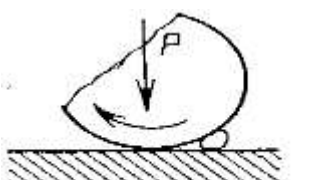
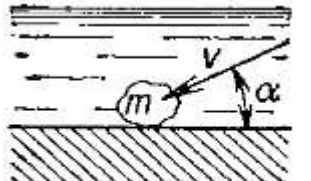
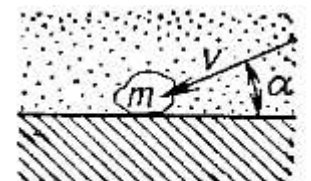
У всіх випадках відбувається активування поверхневих шарів деталей, миттєва взаємодія з активними елементами середовища, окислювання з утворенням нових фаз-вторинних структур та їх наступне руйнування.

Визначення елементного складу поверхневих об'ємів металу, головним чином по кисню, дозволило встановити, що в процесі технічної експлуатації на поверхнях тертя усіх досліджених деталей, що працюють в абразивному середовищі, утворюється новий трансформований шар-вторинна структура механохімічного походження. Проведені дослідження дозволяють запропонувати розподілення шляхів підвищення абразивної зносостійкості на управління параметрами механічних властивостей деталей машин і хімічною активністю робочих середовищ.

На основі результатів ОЖЕ-спектрального аналізу поверхонь тертя деталей машин встановлено, що максимум кисню знаходиться не на самій поверхні тертя, а на певній відстані від неї, як правило, на глибині близько 0,1 мкм і складає 15...28% [9].

При терті поверхонь виділяють дві ділянки з різним напружено-деформованим станом: ділянку пружно пластичної деформації і ділянку пружної деформації. За даними [6,7] глибина першої ділянки не перевищує сотень ангстрем, в той час, як ділянка пружної деформації може дорівнювати декілька сотень мікрометрів. Різка посилення фізико-хімічної активності поверхневого шару є наслідком виникнення в матеріалі високої не зрівноваженої концентрації недосконалостей: вакансій та дислокаційних атомів, щільність яких прагне до насичення [8].

Основні види абразивного зношування деталей сільськогосподарських машин [5].

Схема контакту абразивних часток з поверхнями деталей, що зношуються	Вид і умови зношування		Приклади деталей і робочих органів, що зношуються
 <i>I</i>	У масі абразивних часток	При переміщенні в ґрунтовій масі і мінеральних добривах	Плужні лемеші, культиваторні лапи, плужні полиці, польові дошки, шнеки завантажувачів добрив
 <i>II</i>		При переміщенні в рослинній масі, що містить абразивні частки	Ножі кормозбиральних комбайнів, сегменти жаток, шнеки збиральних машин, деталі силосопроводів
 <i>III</i>	Контактно-абразивне	Спряжених деталей при терті ковзання з абразивними частками в контакт	Відкриті шарнірні з'єднання, підшипники ковзання, зуб'я зірочок і ланки ланцюгів
 <i>IV</i>		Теж саме, при терті кочення	Шестерні відкритих передач, диски борін
 <i>V</i>	Гідро і газоабразивне	Твердими частками в потоці рідини	Сопла і дефлектори дощувальних машин, розпилюючі наконечники оприскувачів, колеса відцентрових насосів
 <i>VI</i>		Теж саме, в потоці повітря	Лопатки вентиляторів, деталі систем пневмотранспортування, молотки дробарок

Про формування вторинних структур кисневого походження на поверхнях тертя досліджуваних матеріалів, свідчать дані за наявності кисню в поверхневих шарах, отримані методами рентгено і спектрального аналізу. Вимірюємо інтенсивність характеристичних спектральних ліній для кожного елементу, і використовуючи коефіцієнти відносної чутливості елементів в Оже електронах, розраховуємо відносні атомарні концентрації. Типові концентраційні профілі елементів показано на рис. 1, рис. 2. Вони характеризують стан поверхневого шару з покриттям ПГ-С27 і композиційного матеріалу КХЖ-70.

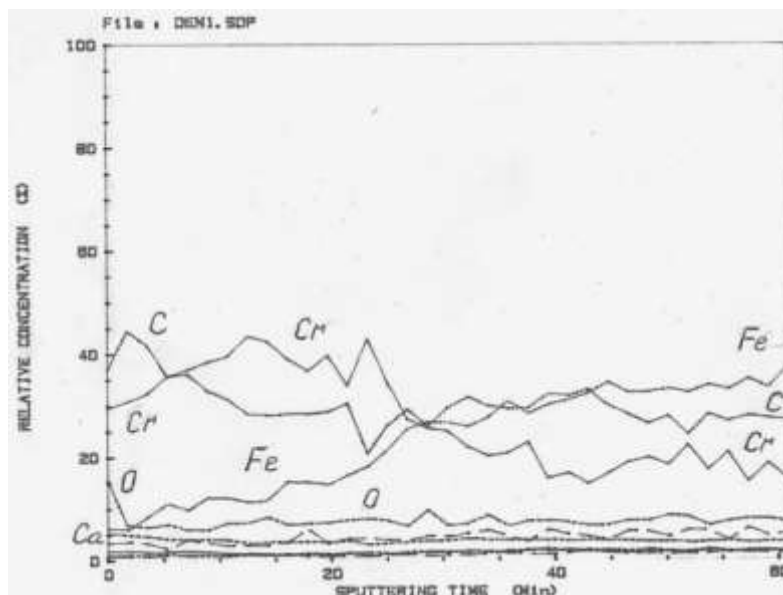


Рис. 1. Концентраційний профіль елементів у поверхневому шарі товщиною 300 нм=0,3 мкм композиційного матеріалу КХЖ-70.

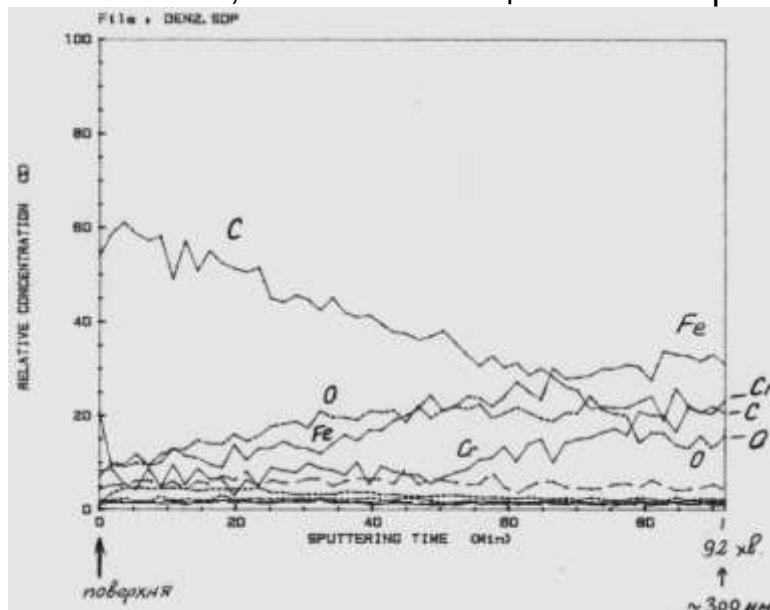


Рис. 2. Концентраційний профіль елементів у поверхневому шарі товщиною 200 нм=0,2 мкм покриття ПГ-С27.

Кількість кисню в поверхневих шарах і глибина шарів знаходяться в прямій залежності з механічними властивостями матеріалів, і одним з основних параметрів процесу тертя-тиском, що визначає інтенсивність пластичної деформації при абразивному зношуванні. На рис. 3, рис. 4 показано Оже спектри досліджуваних матеріалів.

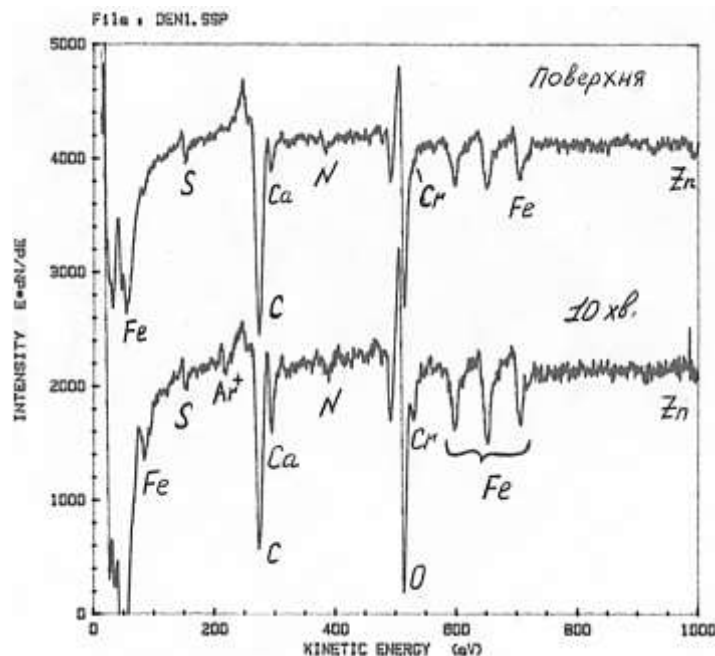


Рис. 3. Оже- спектри поверхні тертя з покриттям ПГ-С27 товщиною 200 нм=0,2 мкм покриття ПГ-С27.

На поверхні утворюється вуглецева плівка (рис.1.), під нею плівка оксидів заліза і хрому. Кисню не дуже багато і утворюються вторинні структури I типу зі значною кількістю вуглецю. На поверхні утворюється плівка карбіду хрому. Вуглець за відношенням до кисню є елементом відновлювачем, що відновлює металеві зв'язки, перешкоджає процесам окислення металу та процесам формування вторинних структур II типу.

У зв'язку з цим ці вторинні структури можна віднести до ВС I типу. Градієнт концентрацій за глибиною кисню і вуглецю спостерігаємо збагачений, в об'ємі сталі цього елементу немає, кисень накопичується з навколишнього середовища. Хімічний склад вторинних структур характеризується підвищеним вмісту кисню, кількість якого в поверхневих шарах деталей робочих органів складає 0,041...16,8%. Тонкі плівки абразивної зони тертя зазнають складного процесу руйнування-відновлення, що не узгоджуються з традиційними засадами термодинаміки рівноважних систем. Динамічна рівновага в утворенні і руйнуванні плівок вторинних структур визначає характеристики зношування спряжень і деталей робочих органів.

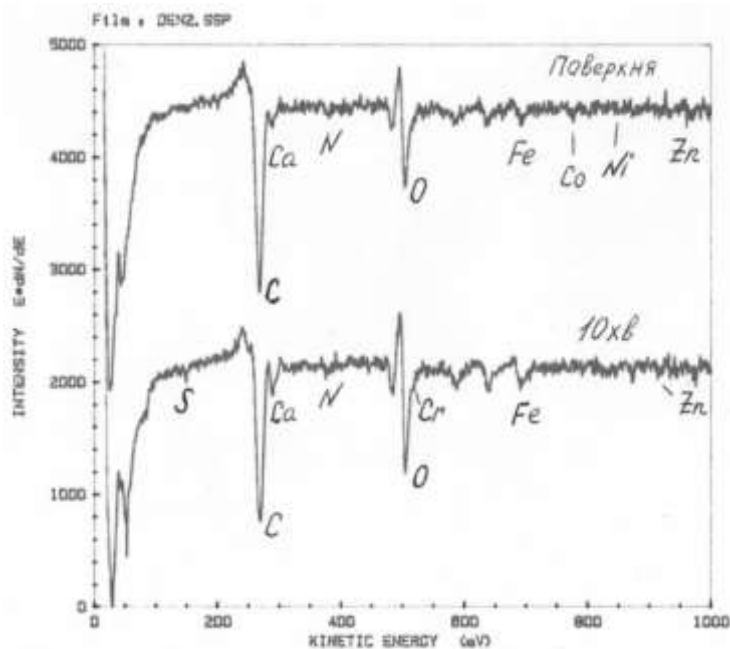


Рис. 4. Спектри поверхні тертя композиційного матеріалу КХЖ-70.

Плівки вторинних структур (ВС) екранують основний матеріал від безпосереднього контакту і руйнування; інтенсивність зношування при цьому мінімальна. [9]. При заданих умовах абразивного впливу конкретного матеріалу протікає певний процес зношування, але в різних матеріалах процеси зношування можуть бути різними. акад. П.А. Ребіндер розглядав абразивне зношування матеріалів, як поверхневе диспергування в результаті багатократної пластичної деформації, яка призводить до зміцнення і втомного руйнування мікрооб'ємів матеріалу [10]. І.В. Крагельський запропонував кількісну теорію зношування твердих тіл з врахуванням втомної природи поверхневого руйнування, яка за основними ідеями може бути використана і для абразивного зношування [11].

Висновки

Додатковим фактором, що суттєво впливає на процеси тертя і зношування, являється наявність абразиву, неминуче присутнього в місцях контактування спряжень і деталей робочих органів сільськогосподарських машин.

Механо-хімічна форма абразивного зношування і пошкодження найбільш розповсюджені види руйнування робочих поверхонь ґрунтообробних, посівних, саджальних і кормозбиральних машин.

Список літератури

1. Хрущов М.М. Абразивное изнашивание / М.М. Хрущов, М.А. Бабичев. – М.: Наука, 1970. – 232 с.

2. *Поверхностная прочность материалов при трении* / [Костецкий Б.И., Носовский И.Г., Караулов А.К. и др.] ; Под общ. ред. Костецкого Б.И. – К.: Техника, 1976. – 296 с.
3. *Костецкий Б.И.* Механо-химические процессы при граничном трении / *Костецкий Б.И., Натансон М.Э., Бершадский Л.И.* – Наука, 1972. – 170 с.
4. *Анализ поверхности методами Оже- и рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии* : Пер. с англ. / Под ред *Д. Бриггса, М.П. Сиха.* – М.: Мир, 1987. – 600 с.
5. *Тененбаум М.М.* Сопротивление абразивному изнашиванию / *М.М. Тененбаум.* – М.: Машиностроение, 1976. – 271 с.
6. *Надежность и долговечность машин* / [Костецкий Б.И., Бершадский Л.И., Караулов А.К.]. – К.: Техника, 1975. – 399 с.
7. *Костецкий Б.* Процесс схватывания металлов и критерии оценки его интенсивности / *Б. Костецкий, И. Носовский.* – К.: Техника, 1972. – Проблемы трения и изнашивания ; вып. 2. – С. 131.
8. *Костецкий Б.И.* Структурно-энергетические основы управления трением и износом в машинах / *Б.И. Костецкий.* – К.: Общество «Знание», 1990. – 31 с.
9. *Зазимко О.В.* Закономерности механохимических процессов при абразивном изнашивании сталей : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец.05.02.04 «Трение и износ в машинах» / *О.В. Зазимко.* – К.: 1988. – 19 с.
10. *Ребиндер П.А.* Влияние активных смазочных сред на деформирование сопряженных поверхностей трения / *П.А. Ребиндер.* – Минск: Наука и техника, 1971. – С. 27.
11. *Крагельский И.В.* Трение и износ в машинах / *И.В. Крагельский.* – М.: Машиностроение, 1968. – 480 с.

В статье описано комплексное исследование абразивных процессов на деталях машин и рабочих органах, оценка механики деформирования и химии взаимодействия с внешней средой.

Абразивное изнашивание, рабочие органы, поверхность трения, лемех плуга.

The paper describes complex approaches of friction processes of machine tooling and its elements. This problem can be achieved on way of devising dynamical models which well completely express friction and abrasive of wear processes models considered will allow to extend friction unit capacity and to improve their reliability.

Abrasive wear, working organs cultivation machine, blade share, surface hardening.

Results of independent experimental researches prove the mechanical-chemical mechanism of wear process metal frictional surfaces. Features of abrasive wear process are considered. Results of researches of microstructure, hardness, phase structure, trials on wear process in conditions of abrasive environment influence are brought. Examples of application the wear-resistant coverage's are presented.

Wear resistance, working organs agricultural machines, abrasive wear, hardening point, effect self-sharpening, cutting edge.

УДК 631.3.004.62

ВПЛИВ ЗМІНИ ПАРАМЕТРІВ ЛАПИ СТІЛЧАСТОГО ТИПУ НА ТЯГОВИЙ ОПІР АГРЕГАТУ

***О.П. Деркач, кандидат історичних наук
Г.П. Савченко, студент***

Встановлено вплив зміни параметрів (зношування) лапи стрілкового типу на тяговий опір агрегату.

***Лапа стрілкового типу, зношування, тильна фаска
леза, конструкція стійки, тяговий опір.***

Постановка проблеми. Найбільш поширеним робочим органом в технологіях мінімального обробки ґрунту є лапи стрілкового типу. Вплив зміни параметрів (зношування) робочих органів в процесі роботи на енергетичні та агротехнічні показники, і в кінцевому підсумку, на врожай є найбільш значимий. Процес зміни параметрів лап стрілкового типу протікає за декілька стадій, які характеризуються ступенем зношування різальної кромки і розмірами тильної фаски леза. Причина утворення тильної фаски мало досліджена. Тому дослідження впливу зміни параметрів лапи стрілкового типу на енергетичні показники є актуальним питанням і потребує подальшого дослідження.

Аналіз останніх досліджень. Існує декілька припущень щодо утворення тильної фаски леза лапи. Одна з них це утворення тильної фаски за аналогією з затупленням металорізальних інструментів [1]. Зустрічаються також припущення про утворення фаски внаслідок руху леза лапи «за складними траєкторіями, обумовленими як коливаннями лапи за глибиною так і її

© О.П. Деркач, Г.П. Савченко, 2014

поступальним рухом» [2]. На нашу думку, друга версія більш обґрунтована. Проведені спостереження показують, що лапи стрілкового типу рухаються в ґрунті не горизонтально, а відхиляються назад на деякий кут α (рис. 1) і коливання робочого органу відбувається відносно цього положення [3]. Цей кут залежить від властивостей ґрунту і геометричних параметрів самої лапи.

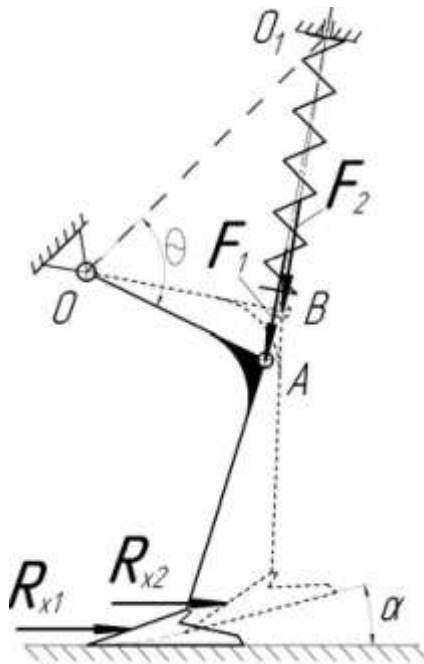


Рис. 1. Схема сил, що діють на стійку лапи.

Дане припущення також підтверджується дослідженнями В.Н. Ткачова по визначенню зношування культиваторних лап на ґрунтах з різним механічним складом, в яких вказується, що кут тильної фаски залежить від вологості ґрунту і вмісту в ньому «фізичної глини» і на ґрунтах важкого механічного складу має більші значення, ніж на легких [4].

Мета досліджень. Визначити вплив зміни параметрів (зношування) лапи стрілкового типу на тяговий опір агрегату.

Результати досліджень. Теоретичні та експериментальні дослідження геометрії зношування лап стрілкового типу сівалки-культиватора СТС-2 показали, що кут нахилу тильної фаски ψ (рис. 2) до леза лапи залежить від напрацювання (рис. 3).

Відповідно до проведених досліджень з визначення параметрів зношування лап стрілкового типу, кут тильної фаски зі збільшенням напрацювання зменшується до деякого постійного значення для конкретного робочого органу. Причому цей кут різний для носка і крил стрілкової лапи. Такий характер зношування лапи пояснюється відхиленням стійки (відповідно, і лапи) від початкового

положення в результаті опору ґрунту переміщенню клина, що підтверджується нерівномірністю дна борозни (рис. 4).

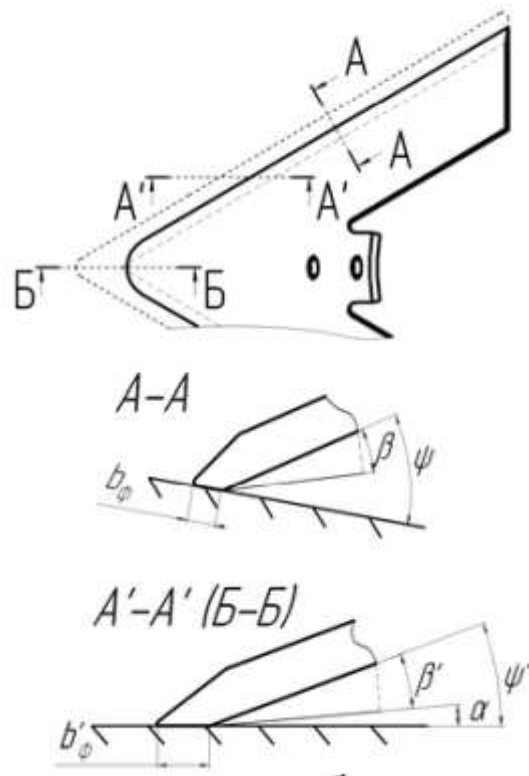


Рис. 2. Геометрія зношування лапи стрілкового типу.

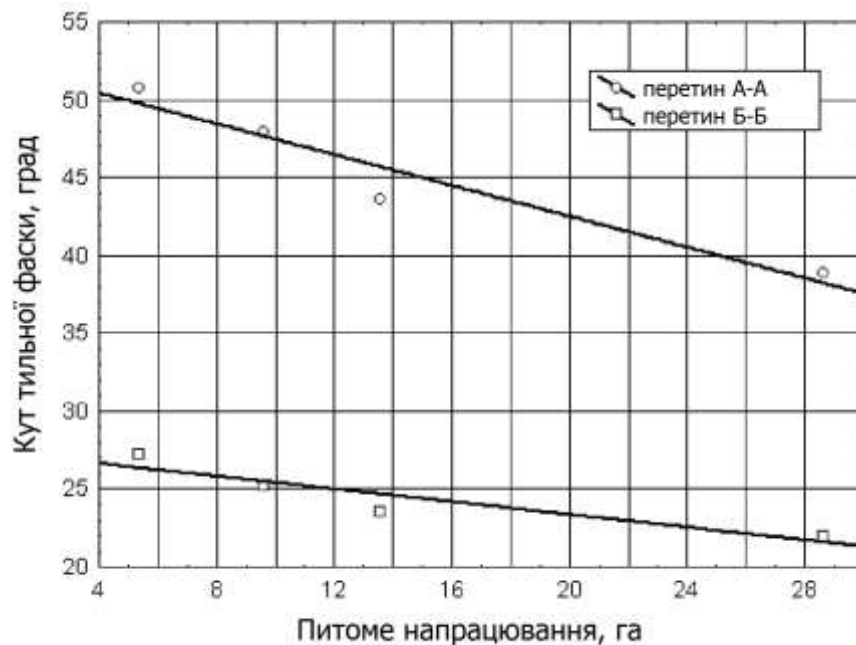


Рис. 3. Залежність кута тильної фаски від напрацювання.

Відповідно до схеми відхилення лапи стрілкового типу від первинної установки в результаті дії на неї сил опору переміщенню робочого органу в ґрунті, що представлена на (рис. 2),

геометричними розрахунками встановлено, що між кутами розташування тильної фаски на носку ψ' (перетин $A'-A'$ і $B-B$ в першому наближенні, мають однакову форму) та на крилі ψ (перетин $A-A$) мають наступну залежність:

$$\psi = \arctg[\tg(\psi - \beta) \cdot \sin \gamma] + \arctg[\tg \beta \cdot \sin \gamma], \quad (1)$$

де β – кут кришення лапи в перетині $A-A$ (рис. 2), град.; γ – кут розхилу крил лапи, град.



Рис. 4. Слід робочого органу сівалки-культиватора СТС-2 в ґрунті.

Якщо висловлене припущення про відхилення робочого органу в процесі роботи при перевищенні тягового опору деякого значення R_{x1} (рис. 1) і утворенні тильної фаски зношування, паралельної дну борозни вірно, то горизонтальна складова тягового опору для лап стрічкового типу сівалки-культиватора СТС-2, що мають пружинний запобіжник, пропорційна характеристикам його пружини:

$$R_{x2} \approx F_2 = c(\Delta l_0 + \Delta l), \quad (2)$$

де c – жорсткість пружини, Н/м; Δl_0 – попереднє стиснення пружини, м; Δl – стиснення пружини в процесі роботи, м.

Стиснення пружини в процесі роботи визначається геометричним розрахунком при розгляді трикутників OO_1A та OO_1B (рис. 1):

$$\Delta l = l_1 - \sqrt{l_1^2 - 4r_2 \cdot \sin\left(\theta - \frac{\alpha}{2}\right) \cdot \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)} \left[r_2 \cdot \cos \theta + \sqrt{l_1^2 - r_2^2 \cdot \sin^2 \theta} \right], \quad (3)$$

де l_1 – довжина пружини в установчому положенні, м; r_2 – радіус повороту точки B навколо шарніра O , м; θ – кут між балкою стійки OO_1 , і важелем OA в установчому положенні робочого органу, град.

Тоді горизонтальна складова тягового опору робочого органу:

$$R_{2X} = \frac{F_2 \cdot l_F}{l_R}, \quad (4)$$

де F_2 – сила, що виникає при стисненні пружини запобіжника, Н; l_F і l_R – плечі сил F_2 і R_2 , відповідно, м.

Отриманий вираз (4) в сукупності з виразами (1-3) дозволяє визначити за встановленим дослідним шляхом кут тильної фаски лека лапи середнє значення горизонтальної складової тягового опору кожного робочого органу, який сприймає причіпний пристрій трактора. Однак рівняння (4) отримано з деякими припущеннями про те, що в процесі роботи рама сівалки -культиватора і стійка лапи-сошника є абсолютно жорсткими. Також ми нехтуємо силою тяжіння і тертям, що виникає в з'єднаннях.

Насправді під час роботи під дією динамічних сил в конструкції виникають пружні деформації, що дають деяку надбавку до кута α , яку надто складно оцінити теоретично, тому необхідна експериментальна перевірка висловленого припущення.

Висновок. В результаті проведеного дослідження визначено тяговий опір лапи стрілкового типу залежно від зміни її параметрів (кута тильної фаски лека) та конструкції стійки.

Список літератури

1. Горячкин В.П. Собрание сочинений / В.П. Горячкин. – М.: ОГИЗ-Сельхозгиз, 1948. – Т. 6. – 194 с.
2. Огрызков Е.П. Агротехнологические основы абразивного изнашивания лезвий лемехов / Е.П. Огрызков, В.Е. Огрызков, П.В. Огрызков // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2002. – № 11. – С. 44–45.
3. Синеоков Г.Н. Теория и расчет почвообрабатывающих машин / Г.Н. Синеоков, И.М. Панов. – М.: Машиностроение, 1977. – 328 с.
4. Ткачев В.Н. Износ и долговечность рабочих органов почвообрабатывающих машин / В.Н. Ткачев. – М.: Машиностроение, 1964. – 167 с.

Установлено влияние изменения параметров (износ) лапы стрелчатого типа на тяговое сопротивление агрегата.

Лапа стрелчатого типа, износ, тыльная фаска лезвия, конструкция стойки, тяговое сопротивление.

The effect of changes in parameters (depreciation) on the paws lancet type tractive resistance unit.

Paws lancet type wear, rear bevel blade, stand design, draft resistance.

РЕАЛІЗАЦІЯ ДИДАКТИЧНОГО ПРИНЦИПУ ЗВ'ЯЗКУ ТЕОРІЇ З ПРАКТИКОЮ В НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ ВИЩОГО АГРАРНОГО ЗАКЛАДУ ОСВІТИ

О.А. Дьомін, І.О. Колосок, кандидати педагогічних наук

Розглянуто проблему реалізації дидактичного принципу зв'язку теорії з практикою в навчальному процесі вищого аграрного навчального закладу; розкрито дидактичні умови проведення поточного контролю знань лекційного матеріалу на лабораторних заняттях на прикладі дисциплін “Сільськогосподарські машини” і “Системи навігації та зв'язку”.

Тестовий контроль, дидактичні умови, принцип, лабораторне заняття, навчальна дисципліна.

Постановка проблеми. Формування суспільства знань як якісно нової суспільно-економічної формації у ХХІ ст. зумовлене особливою роллю знання у сучасному цивілізаційному розвитку. Конкурентні переваги країн усе менше визначаються багатством природних ресурсів чи дешевою робочою силою і все більше – технічними інноваціями та конкурентним застосуванням знань, що посідають перше місце серед факторів суспільного розвитку, сприяють досягненню взаємодоповнюючих цілей забезпечення стійкого економічного зростання, підвищення суспільного добробуту, стимулювання соціальної злагоди, розвитку людини. Суспільство знань визначає тип економіки, в якій знання відіграють вирішальну роль, а їх виробництво стає джерелом розвитку [6].

Соціально-економічні зрушення, глибокі та динамічні перетворення, що відбуваються в різних галузях економіки зумовлюють потребу модернізації системи освіти, зокрема професійної підготовки майбутніх висококваліфікованих фахівців [3]. Одним з доступних резервів підвищення якості навчання у ВНЗ, що не потребує матеріальних затрат є забезпечення системного зв'язку теорії з практикою протягом всього навчального процесу.

Аналіз останніх досліджень. Як відомо теоретичний матеріал слугує основою для виконання практичних і лабораторних робіт, які роблять наочним і переконливими ті принципові положення, що розкриваються на лекціях.

На цьому неодноразово наголошували С.І. Зінов'єв, І.І. Кобиляцький та ін. Зокрема С.І. Зінов'єв відмічає, що завдяки лабораторним заняттям студенти міцніше закріплюють теоретичну

лекційну навчальну інформацію, при цьому виявляється багато таких деталей, про які студенти раніше не мали чіткого уявлення. У свою чергу спостерігається зворотній зв'язок. Своєчасне оволодіння лекційним навчальним матеріалом є необхідною умовою поєднання теорії і досвіду на лабораторних заняттях [2]. Тобто, для системного оволодіння програмним матеріалом студенту потрібно працювати на лабораторних заняттях, вже маючи теоретичні знання як мінімум з відповідного лекційного матеріалу. Формулюючи одну з дидактичних вимог до лабораторних занять, І.І. Кобиляцький відмітив, що необхідно планувати і проводити заняття так, щоб вони заохочували студентів можливістю поглиблення знань [5]. Під виразом “поглиблення знань” розуміється наявність у студентів теоретичних знань здобутих ними на лекціях і внаслідок самостійної роботи з літературними джерелами. Відомий педагог справедливо вважає, що тільки за таких умов може ефективно здійснюватись поглиблення знань на лабораторних заняттях. Але як показали спостереження, досить часто значна частина студентів приходить на лабораторні заняття, майже не володіючи теоретичними знаннями навіть з лекційного матеріалу. Тобто, викладачеві на таких заняттях просто нічого “поглиблювати” за відсутності у таких студентів теоретичної бази знань, які можна було б поглиблювати на лабораторних заняттях. Такі студенти надто поверхнево розуміють мету і зміст навчальної роботи на занятті і, як наслідок, отримують не системні знання а лише уривки знань, та й то не стійких. Причиною виникнення означеної ситуації в навчальному процесі є те, що у студентів далеко не завжди з'являється бажання опрацювати лекційний матеріал на свіжу пам'ять і вчасно оволодівати теоретичними знаннями, які доцільно поглиблювати на лабораторних заняттях.

Мета досліджень – розкрити принцип зв'язку теорії з практикою в навчальному процесі; розкрити дидактичні умови проведення поточного контролю знань лекційного матеріалу на лабораторних заняттях на прикладі дисциплін “Сільськогосподарські машини” і “Системи навігації та зв'язку”.

Результати досліджень. Для того, щоб збудити у студентів бажання систематично працювати з теоретичним навчальним матеріалом слід застосовувати прийоми системного стимулювання і, таким чином, заохочувати студентів до самостійної навчальної роботи. Це підтверджує і Ю.К. Бабанський, зазначаючи, що найважливішою умовою успішного оволодіння знаннями є систематична робота над навчальним матеріалом. За даними вченого головною причиною, що заважає студентам успішно навчатись, є відсутність навичок систематичної роботи. Перевірка

знань тільки під час сесії ні в якому разі не стимулює систематичну роботу студентів [7].

В практиці навчального процесу нерідко знання лекційного матеріалу вимагається лише на екзамені, або в кращому випадку – проміжній атестації. В такій ситуації, сформульовані вченими дидактичні надбання стосовно цілісності і взаємозв'язку теорії лекційного матеріалу і практики лабораторних занять використати неможливо. Не виконуються відразу декілька дидактичних принципів навчання:

- принцип зв'язку теорії з практикою;
- принцип систематичності і послідовності;
- принцип міцності засвоєння знань, умінь і навичок.

В навчальній практиці, як правило, поточним контролем охоплюються не всі студенти. Крім того на лабораторних заняттях контролюється теоретичний навчальний матеріал, потрібний для виконання лабораторних робіт. Разом з тим на лекціях подається і інша суттєва навчальна інформація, що не використовується на лабораторних заняттях. Таким чином, суттєва частина необхідних для майбутнього фахівця теоретичних знань, які безпосередньо не стосуються лабораторних робіт, залишаються поза контролем. Згідно педагогічної термінології такі знання можна кваліфікувати як “знання-спогади”. Тобто це знання, які студенти не можуть використовувати в навчальній і практичній діяльності. Без практичного закріплення вони швидко зникають з пам'яті. В результаті чого порушується система основоположних закономірностей навчального процесу і, як наслідок, відчутно знижується його ефективність. Одним з дійових шляхів забезпечення цілісності зв'язку теорії з практикою та дотримання інших дидактичних принципів є введення на лабораторних заняттях поточного контролю всіх основних знань лекційного матеріалу. За цією умови він виконує функцію зворотнього зв'язку. М.О. Данілов вважає, що аналіз досягнень учнів, перевірка і оцінювання їх знань та виявлення рівня розумового розвитку за своєю суттю є процес зворотнього зв'язку [4]. С.І. Архангельський розглядає зворотній зв'язок як постійне виявлення результативності функціонування системи навчання, оптимальність роботи якої підтверджується, головним чином, результативністю роботи студентів [1]. Отже, поточний контроль дозволяє отримувати інформацію про рівень засвоєння навчального матеріалу кожним студентом у процесі навчання. В разі виявлення, за результатами поточного контролю, неефективності цього процесу, вносити необхідні коригування в перебіг пізнавальної діяльності студентів і в результаті зробити процес навчання і особливо учіння повністю керованим. Поточний

контроль, зазначає М.І. Кувшинов, допомагає встановити, наскільки міцно засвоєні студентами знання, уміння і навички за окремими розділами курсу. Контроль дає змогу своєчасно виявити труднощі, попередити відставання, прийняти необхідні заходи для упередження подібних випадків в майбутньому. Поточний контроль допомагає студентам організовувати свою пізнавальну діяльність, зокрема він ефективно сприяє формуванню умінь і навичок самостійної роботи. Систематична навчальна робота, як результат впливу поточного обліку успішності, допомагає закріпленню і вдосконаленню знань, в тому числі допомагає об'єднати окремі елементи навчального матеріалу в єдине ціле, приводити їх до системи [8]. У зв'язку з цим, слід відмітити, що поточний контроль знань лекційного матеріалу на лабораторних заняттях виконує такі завдання:

- дозволяє швидко та ефективно виявляти рівень засвоєння знань лекційного матеріалу та ступінь готовності студентів до виконання завдань лабораторних робіт за темою лекції;
- на підставі результатів поточного контролю виявляти недоліки в пізнавальній діяльності студентів та намічати шляхи їх усунення;
- внаслідок проведення поточного контролю знань, формувати у студентів переконання у необхідності систематично виконувати навчальні обов'язки.

Ми провели дослідження ефективності впливу поточного контролю знань лекційного матеріалу на якість формування системи знань з дисципліни “Сільськогосподарські машини”. Наші дослідження проводились на другому курсі (чотири групи) одного з факультетів агрономічного профілю і на третьому курсі факультету інженерно-технічної підготовки. Дві групи (з кращими показниками успішності за перший курс) нами були прийняті як контрольні. Дві інші (з гіршими показниками успішності за перший курс) – як експериментальні. При вивченні дисциплін “Сільськогосподарські машини” і “Системи навігації та зв'язку” в експериментальних групах нами введено поточний тестовий контроль на кожному лабораторному занятті. В контрольних групах він не проводився.

На основі аналізу проведеного дослідження і специфіки вивчення дисциплін, нами були виявлені необхідні умови проведення ефективного поточного контролю:

1. Тестові завдання для контролю слід розробляти з таким розрахунком, щоб студенти засвоїли і осмислили не тільки навчальну інформацію, потрібну для виконання поточної лабораторної роботи, а і весь основний матеріал попередньої лекції.
2. Насичений зміст робочої програми, трудність вивчення

об'єктів сільськогосподарської техніки та навігаційних систем і дефіцит відведеного навчального часу обумовлюють, по-можливості, максимально зменшити час на проведення поточного контролю. Разом з цим потрібно встигнути проконтролювати знання кожного студента. Розроблені нами тестові завдання містять п'ять і більше питань, що охоплюють основну теоретичну інформацію з лекції. Студенти встигають відповісти на завдання тесту протягом п'яти хвилин. Наприклад, тестові завдання (на моно вибірковість) з дисципліни “Сільськогосподарські машини” до лекції на тему “Машини для основного обробітку ґрунту” включають такі питання та варіанти відповідей на них:

I. Що означає поняття “безполицевий обробіток ґрунту”:

1. Мілке рихлення вузьких смуг поверхні поля. 2. Обертання і розпушення ґрунтового шару товщиною 18-35 см. 3. Глибоке рихлення без обертання ґрунтового шару. 4. Всі перелічені відповіді.

II. Вкажіть, які машини застосовуються для роторного обробітку ґрунту:

1. Полицеві плуги. 2. Фрези. 3. Культиватори-плоскорізи. 4. Плоскорізи-глибокорозпушувачі.

III. Яку функцію виконує передплужник:

1. Підрізає правий бік ґрунтової скиби. 2. Відрізає верхню задернілу частину ґрунтової скиби на 1/3 глибини ходу основного корпусу. 3. Відрізає нижню частину ґрунтової скиби товщиною 5-6см. 4. Всі перелічені функції.

IV. Який з перелічених робочих органів плуга підрізає ґрунт в вертикальній площині на глибину до 15см.

1. Корпус. 2. Передплужник. 3. Ніж. 4. Ґрунтопоглиблювач.

V. Який плуг здійснює гладеньку оранку (без розгінних борозен і звальних гребенів):

1. ПЛН-5-35. 2. ПНО-3-35. 3. ПЛ-5-40. 4. ПТК-9-35. 5. Всі перелічені плуги.

Нами також розроблені тестові завдання з дисципліни “Системи навігації та зв'язку”, що містять тести як закритого так і відкритого типу: багатовибіркові, на відповідність, на послідовність, на визначення або доповнення. Наприклад, тестові завдання до лекції “Глобальні системи диференціальних поправок” включають такі питання та варіанти відповідей на них:

I. Система WAAS призначена для позиціонування навігаційної системи GPS. (Написати пропущені слова, якщо вони потрібні).

II. Як називається супутникове функціональне доповнення системи GPS, зоною дії якого є Північна Америка?

III. Сигнал від якого угруповання супутників краще виконує свої

функції на території України?

1. SBAS. 2. EGNOS. 3. WAAS. 4. MSAS.

IV. Під яким кутом надходять сигнали від супутників EGNOS?

1. Під тупим. 2. Під гострим (більше 300). 3. Під досить гострим (менше 300). 4. Під розгорнутим. 5. Під прямим.

V. Що означає поняття SBAS?

1. Геоостаціонарна супутникова навігаційна система скандинавських країн. 2. Загальноприйнята назва об'єднання функціональних доповнень WAAS, EGNOS і MSAS. 3. Синонім WADGPS – глобальний диференціальний GPS.

3. Вмотивованість навчальної діяльності. Для того, щоб тестовий контроль був дійсно ефективним, потрібен дійовий мотив, який забезпечував би ґрунтовну підготовку студентів до відповіді на тестові завдання.

Слід зазначити, що до мотивів учіння, як відомо, належить широкий спектр пізнавальних та соціальних мотивів, які в своїй єдності та взаємодії утворюють внутрішню мотивацію учіння студентів. Рівень сформованості пізнавальних та соціальних мотивів учіння у студентів є необхідною умовою успіху навчальної діяльності. Проте, не завжди внутрішня мотивація забезпечує активну пізнавальну діяльність студентів. Це обумовлено тим, що, по-перше, враховуючи неоднаковий рівень сформованості у студентів як пізнавальних так і соціальних мотивів, внутрішні мотиви потребують підживлення, інакше вони згасають. По-друге, в деяких випадках, внутрішня мотивація може бути негативною, в результаті чого засвоєння знань студентами може не відбутись взагалі. У зв'язку з цим, для того, щоб залучити всіх студентів до активної, свідомої пізнавальної діяльності, ми застосували засоби зовнішнього впливу, які стимулюють навчальну діяльність, хоча і не входять до структури внутрішньої мотивації учіння. Засоби зовнішньої стимуляції часто називають зовнішньою мотивацією. Основною причиною застосування зовнішньої мотивації учіння є легковажне ставлення студентів до виконання своїх навчальних обов'язків. М.І. Алексєєва пропонує використовувати для стимулювання мотиви, які пов'язані з близькими до життя учнів обставинами. Серед них вчена називає мотиви, що пов'язані з почуттям власної гідності чи самолюбства й честолюбства, зі сформованою звичкою до систематичних занять, прагненням до самовиховання, а також мотиви, що зумовлюються авторитетом вчителів і батьків, бажанням заслужити їх схвалення тощо. До цього виду мотивів вчена відносить побоювання незадовільних оцінок як таких, що завдають удару амбіції або спричиняють до неприємностей. Розглядаючи виникнення і розвиток мотивів цього виду, М.І. Алексєєва слушно

зазначає, що в окремих мотивах на перший план виступають не “внутрішні спонуки”, а зовнішня стимуляція – ситуативний примус до виконання навчальних обов’язків [9]. Стоунс Е. підтверджує, що терміном “зовнішня мотивація” позначаються засоби підкріплення, які йдуть до особистості ззовні [10].

Слід зазначити, що зовнішні мотиви учіння призначені для залучення студентів до спільної діяльності з викладачем, спрямовують розумову діяльність на результат, який безпосередньо не пов’язаний з пізнанням об’єкту. Зовнішні мотиви активізують потреби, що викликають активність особистості, яка на даний момент ще не залучена до свідомих дій по набуванню знань. Саме ці потреби, такі як іміджу, престижу, гідності, визнання переживаються особистістю як особливо важливі, необхідні та актуальні для неї, і хоча вони безпосередньо не пов’язані з пізнавальною діяльністю в результаті спонукають особистість до навчальних дій. Тобто, зовнішня мотивація в результаті її постійного впливу, започатковує поступове формування у студентів пізнавальних потреб. Цей процес можна розглядати, як явище переходу зовнішніх мотивів (стимулів) у внутрішні. В наших дослідженнях поточний тестовий контроль знань виступає як зовнішній мотив учіння.

Для організації ефективного оволодіння знаннями основної лекційної навчальної інформації використовувався вдосконалений нами метод тестового контролю. В додаток до тестів ми ввели ще такі прийоми стимулювання теоретичної підготовки студентів.

1. Стимулювання успіхами. Для цього оцінка тестових завдань здійснювалась за такими показниками:

- відповіді на всі п’ять питань правильні – п’ять балів;
- відповіді правильні на чотири питання – чотири бали;

2. Стимулювання додатковим навчальним навантаженням. Студенти, які дали неправильні відповіді більше ніж на одне питання тесту, опрацьовують теоретичний матеріал ще раз і звітують рефератом на тему лекції.

Як показали дослідження, вже після другого тестового контролю студенти почали значно сумлінніше ставитись до оволодіння знаннями основного матеріалу лекції. На заняттях стали виникати змістовні дискусії з проблем лекційної навчальної інформації. Спостерігалась наявність більш ґрунтовного осмислення студентами теоретичних знань і пов’язування їх з виконанням лабораторних робіт. На лекціях підвищилося зосередження уваги студентів, почали виникати питання за змістом навчального матеріалу. Основна лекційна інформація стала ґрунтовніше відображатись в конспектах студентів. Зросла ефективність

виконання лабораторних робіт.

Висновки

Внаслідок введення в навчальний процес експериментальних груп удосконаленого нами поточного контролю, результати навчальної роботи студентів цих груп суттєво підвищились, про що переконливо свідчать результати екзаменів (табл. 1, табл. 2).

Як видно з таблиць, середній бал успішності у студентів експериментальних груп становить відповідно 4,0 і 4,1 а у студентів контрольних груп – 3,3 і 3,7. Звідси можна зробити висновок, що введений нами тестовий поточний контроль відчутно впливає на підвищення якості оволодіння знаннями, чим забезпечує формування у студентів цілісної системи знань і надає цим знанням дійових властивостей, необхідних для майбутньої професійної діяльності.

1. Екзаменаційні оцінки студентів з дисципліни “Сільськогосподарські машини”.

Групи	Кількість студентів, які отримали “5”	Кількість студентів, які отримали “4”	Кількість студентів, які отримали “3”	Кількість студентів, які отримали “незадовільно”	Загальна кількість студентів	Середній бал
Експериментальні	16	14	11	1	42	4,0
Контрольні	10	12	14	6	42	3,3

2. Екзаменаційні оцінки студентів з дисципліни “Системи навігації та зв’язку”.

Групи	Кількість студентів, які отримали “5”	Кількість студентів, які отримали “4”	Кількість студентів, які отримали “3”	Кількість студентів, які отримали “незадовільно”	Загальна кількість студентів	Середній бал
Експериментальні	10	14	3	2	29	4,1
Контрольні	7	12	7	5	31	3,7

Список літератури

1. Архангельский С.И. Лекции по теории обучения в высшей школе / С.И. Архангельский. – М.: Высшая школа, 1974. – 384 с.
2. Зиновьев С.И. Учебный процесс в советской высшей школе / С.И. Зиновьев. – М.: Высшая школа, 1975. – 316 с.
3. Інформатизація професійно-технічних навчальних закладів будівельного профілю : монографія / Андрій Вікторович Литвин. – Львів: Компанія “Манускрипт”, 2011. – 498 с.

4. Основы дидактики. / Под ред. д-ра пед. наук проф. Б.П. Есипова. – М.: Просвещение, 1967. – 472 с.
5. Кобыляцкий И.И. Основы педагогики высшей школы / И.И. Кобыляцкий. – К.: Вища школа, 1978. – 288 с.
6. Концепція гуманітарного розвитку України на період до 2020 року. (Проект) [Електронний ресурс] – Режим доступу: www.usw.com.ua/profiles/blogs/2020.
7. Педагогика высшей школы / Под ред. Ю.К. Бабанского. – Ростов: Изд-во Ростовского ун-та, 1972. – 124 с.
8. Проверка и оценка знаний в высшей школе / Под. ред. Б.Г. Иоганзена, Н.И. Кувшинова. – Томск: Изд-во ТГУ, 1969. – 202 с.
9. Психологія навчання / За ред. Б.Ф. Басва. – К.: Радянська школа, 1972. – 136 с.
10. Стоунс Э. Психопедагогика. Психологическая теория и практика обучения; Пер. с англ. / Под ред. Н.Ф. Талызиной. – М.: Педагогика, 1984. – 472 с.

Рассмотрена проблема реализации дидактического принципа связи теории с практикой в учебном процессе высшего аграрного учебного заведения; раскрыты дидактические условия проведения текущего контроля знаний лекционного материала на лабораторных занятиях на примере дисциплин “Сельскохозяйственные машины” и “Системы навигации и связи”.

Тестовый контроль, дидактические условия, принцип, лабораторное занятие, учебная дисциплина.

The problem of implementation of didactic principle of connection between theory and practice in educational process of higher agricultural education institution; disclosed didactic conditions of current control knowledge of lecture material for laboratory studies on example discipline “Agricultural machinery” and “Communication and navigation systems”.

Test control, didactic terms, principle, lab course, academic subject.

УДК 631.3

МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ МЕХАНІЗОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОПЕРАЦІЙ

***В.М. Зубко, кандидат технічних наук
Сумський національний аграрний університет***

© В.М. Зубко, 2014

4. Основы дидактики. / Под ред. д-ра пед. наук проф. Б.П. Есипова. – М.: Просвещение, 1967. – 472 с.
5. Кобыляцкий И.И. Основы педагогики высшей школы / И.И. Кобыляцкий. – К.: Вища школа, 1978. – 288 с.
6. Концепція гуманітарного розвитку України на період до 2020 року. (Проект) [Електронний ресурс] – Режим доступу: www.usw.com.ua/profiles/blogs/2020.
7. Педагогика высшей школы / Под ред. Ю.К. Бабанского. – Ростов: Изд-во Ростовского ун-та, 1972. – 124 с.
8. Проверка и оценка знаний в высшей школе / Под. ред. Б.Г. Иоганзена, Н.И. Кувшинова. – Томск: Изд-во ТГУ, 1969. – 202 с.
9. Психологія навчання / За ред. Б.Ф. Басва. – К.: Радянська школа, 1972. – 136 с.
10. Стоунс Э. Психопедагогика. Психологическая теория и практика обучения; Пер. с англ. / Под ред. Н.Ф. Талызиной. – М.: Педагогика, 1984. – 472 с.

Рассмотрена проблема реализации дидактического принципа связи теории с практикой в учебном процессе высшего аграрного учебного заведения; раскрыты дидактические условия проведения текущего контроля знаний лекционного материала на лабораторных занятиях на примере дисциплин “Сельскохозяйственные машины” и “Системы навигации и связи”.

Тестовый контроль, дидактические условия, принцип, лабораторное занятие, учебная дисциплина.

The problem of implementation of didactic principle of connection between theory and practice in educational process of higher agricultural education institution; disclosed didactic conditions of current control knowledge of lecture material for laboratory studies on example discipline “Agricultural machinery” and “Communication and navigation systems”.

Test control, didactic terms, principle, lab course, academic subject.

УДК 631.3

МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ МЕХАНІЗОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОПЕРАЦІЙ

***В.М. Зубко, кандидат технічних наук
Сумський національний аграрний університет***

© В.М. Зубко, 2014

Стаття присвячена питанню якості виконання механізованих технологічних операцій, аналізу методик визначення якісних показників та їх вплив на формування біологічної та «залікової» врожайності.

Вимоги рослини, якість виконання механізованих технологічних операцій, сільськогосподарська машина, врожай.

Постановка проблеми. Для отримання максимального та якісного врожаю необхідно створити кожній рослині однакові умови, які близькі до оптимальних для її розвитку. Це і є той резерв, який сьогодні не використовується товаровиробниками і розумне використання знань щодо потреб рослини може докорінно змінити підходи до виробництва продукції рослинництва.

Це найважливіша умова подальшого вдосконалення технології вирощування сільськогосподарських культур для отримання високих і стабільних врожаїв. На превеликий жаль при складанні технологічних карт не враховуються наукові дослідження і практичні апробації, які вказують на потреби рослини в кожній конкретній мікрофазі розвитку, і, що стосується використання машин, дають можливість чисельно оцінити відхилення показників якості при виконанні технологічних операцій і вплив цих відхилень на формування кінцевої врожайності рослини [8]. Відхилення від оптимальних показників (потреб), які необхідні рослині для росту, веде до погіршення умов її розвитку, зниження врожаю, зростанню матеріальних і трудових затрат.

Якісні показники виконання механізованої технологічної операції визначаються конструктивними особливостями і порядком експлуатації машин. Порушення режимів експлуатації, відсутність обґрунтованих рекомендацій з технологічного регулювання для конкретних умов роботи або неможливість добитися необхідних регулювань значно погіршують якість роботи, негативно позначаються на врожаї і собівартості продукції.

Кожна нова машина має свої особливості, що відрізняють її від аналогічної тієї ж моделі, обумовлені технічною неоднорідністю виготовлення складальних одиниць і деталей, точністю їх складання і підгонки, регулюваннями, а також властивостями експлуатаційних матеріалів.

Аналіз останніх досліджень. В умовах інтенсифікації землеробства, впровадження нової техніки і прогресивних технологій важливим резервом підвищення врожайності сільськогосподарських культур і зниження втрат продукції є поліпшення якості виконання механізованих польових робіт [1].

При інтенсивних технологіях вирощування

сільськогосподарських культур особливу увагу слід приділяти дотриманню технологічної дисципліни, проведення польових робіт в оптимальні агротехнічні терміни в суворій відповідності з існуючими нормативами і технологічними допусками, а також регулюванню машин на заданий режим роботи [1].

Виконання технологічних операцій в оптимальні терміни створює сприятливі умови для росту і розвитку рослин, підвищення врожайності сільськогосподарських культур [1].

Подовження тривалості виконання польових робіт (рис.) веде, з одного боку, до зниження збору продукції з одиниці площі, оскільки мінімальний строк відповідає найбільшому збору продукції $Y_{\max}$, з іншого боку, зменшує капіталовкладення в машинний парк і тим самим через амортизаційні відрахування знижує прямі експлуатаційні витрати [1].

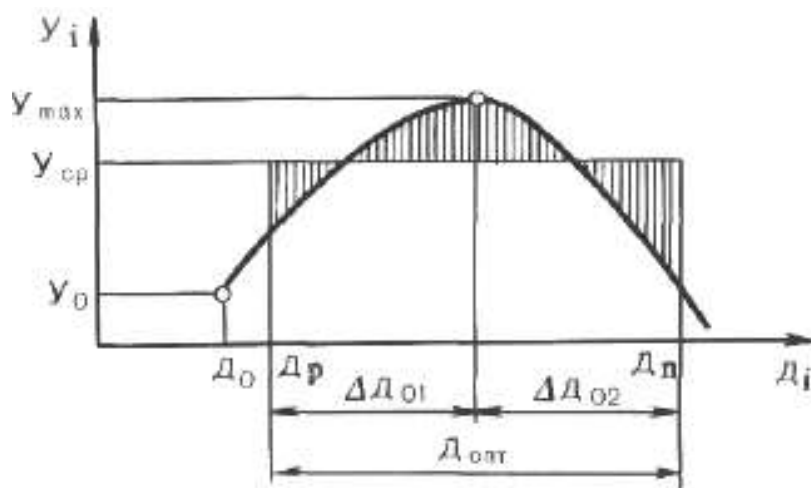


Рис. Залежність врожайності сільськогосподарських культур від термінів і тривалості виконання технологічних операцій [1].

Для якісного виконання технологічних операцій при вирощуванні сільськогосподарських культур необхідно правильно регулювати машини на потрібний режим роботи [1].

Залежно від зони при обробітці і збиранні зернових колосових культур виконують від 20 до 40 технологічних операцій. У цьому комплексі робіт важливе значення мають обробіток ґрунту, посів насіння і збирання врожаю. За даними науково-дослідних установ, за рахунок правильного обробітці ґрунту можна додатково отримати до 25% врожаю [1].

В більшості господарств оранку проводять без передплужників, хоча відомо, що застосування передплужників при зяблевій оранці підвищує її ефективність у боротьбі з бур'янами в 3-4 рази. Хороше заорювання рослинних залишків і насіння бур'янів дозволяє відмовитися у ряді випадків від застосування гербіцидів, енергетичні

сумарні витрати за ротацію знижуються в 1,5 рази, загальна продуктивність сівозміни зростає на 20-30% [1].

Численними дослідженнями встановлено значний вплив гостроти робочих органів на їх тяговий опір. При товщині лез лемешів плугів більш 0,7-1 мм тяговий опір знаряддя зростає на 15-25%, різко погіршується якість роботи, що викликає перевитрату палива, зниження швидкості і продуктивності агрегатів на наступних операціях. Проте в господарствах нерідко орють плугами з товщиною леза лемеша до 3 мм і більше [1].

Основні порушення технології культивації – це недотримання необхідної глибини обробки ґрунту через неправильну установку робочих органів. Різниця в глибині обробки ґрунту окремими робочими органами на одному культиваторі іноді сягає 10 см. Це часто пояснюється деформуванням стійок, відсутністю перекриттів між сусідніми лапами, відхиленням кута заточування різальних крайок лап і кута їх входження у ґрунт. Все це веде також до неповного підрізання бур'янів [1].

Аналіз літературних джерел вказує на те, що сьогодні відсутня методика визначення комплексних показників якості виконання механізованих технологічних операцій, які напряду пов'язані з потребами рослини. Саме забезпечення максимальної кількості потреб (агрегатного стану ґрунту, кількості продуктивних стебел на 1 м², повітряного та водного режимів, режиму живлення макро- і мікроелементами, ефективного стимулювання росту та своєчасне зупинення розвитку (в осінній період), якісний і своєчасний захист рослини від хвороб і шкідників) в конкретний період забезпечує збільшення врожайності.

Мета досліджень. Метою даної статті є дослідити методики визначення якісних показників механізованих технологічних операцій.

Результати досліджень. З метою дослідження ефективності технологічного процесу вирощування озимої пшениці необхідно проаналізувати методи визначення агрозаходів, які направлені на забезпечення оптимальних умов вирощування культури з подальшим забезпечення її максимальної врожайності, а відповідно до агрозаходів визначити ті показники, які дають можливість оцінити якість виконання технологічної операції.

Аналізом встановлено, що дослідженнями в напрямку визначення якісних показників займалися Орманджі К.С., Барабаша Г.І. [3], Мазітова Н.К. [4], Кіртбая Ю.К. [5], Рудя А.В. [6] та багатьох інших. При цьому найбільша кількість показників, які необхідно контролювати в зв'язку з тим, що їх вплив на врожайність є найвпливовіший, та методика визначення відповідних показників

найбільш повно представлена в трудах Орманджі К.С. [1].

Важливе значення при виконанні будь-якої технологічної операції має строк її проведення. Актуальними дослідженнями в цьому напрямку займався П.А. Міронов [2].

Для прикладу розглянемо дані контролю якості робіт та строки виконання робіт загального призначення, а саме такої механізованої технологічної операції як боронування посівів. Дана технологічна операція є доволі ефективна, так як боронування посівів весною забезпечує знищення до 80% бур'янів у стадії білої ниточки.

Контроль якості робіт загального призначення. Роботи загального призначення – це технологічні процеси, які виконують щорічно або періодично (раз на 2-5 років) при обробітку всіх сільськогосподарських культур або групи культур [1].

До них відносяться обробіток ґрунту та внесення органічних і мінеральних добрив. За даними науково-дослідних установ, своєчасне і якісне виконання цих робіт підвищує врожай на 40-50% [1]. Основними показниками, що характеризують якість обробітку ґрунту, є глибина розпушування і вирівняність поверхні [1, 2].

Боронування посівів. Цей прийом необхідний для розпушення поверхневого шару ґрунту до дрібногрудкуватого стану, зменшення втрат вологи, а також часткового вирівнювання ріллі та знищення пророслих бур'янів. При боронуванні озимих і багаторічних трав після укусу вичісуються відмерлі рослини [1].

Зяб і посіви зернових культур боронують з настанням фізичної стиглості ґрунту, коли вона починає кришитися і не прилипає до знарядь обробки [1].

Кількість слідів боронування вибирають виходячи зі стану ґрунту і посівів. Легкі, пухкі ґрунти боронують в один слід упоперек рядків зернових колосових культур, вологі, запливаючі, з добре розвиненими врунами – в два сліди середніми і важкими боролами [1]. Ділянки зі слабкими рослинами обробляють ротаційними мотиками уздовж рядків, а там, де спостерігаються ознаки випирання рослин або оголені вузли кушіння, – накочують кільчастими катками з наступним (після вкорінення) розпушуванням [1]. Для прийняття рішення про доцільність і терміни боронуванні посівів зернових культур спостерігають за утворенням ґрунтової кірки, її товщиною, густотою сходів і проростанням бур'янів. Спостереження починають відразу після посіву насіння і продовжують до фази кушення рослин. Якщо утворилася тверда і щільна кірка в період від посіву до появи сходів, то рекомендується досходове боронування [1].

У період появи сходів посіви боронувати не можна. Якщо кірка утворилася після появи сходів, то боронують пізніше, коли рослини

зміцнюють, вкореняються (приблизно на початку кущіння) з урахуванням густоти сходів. Зріджені сходи (менше 300 рослин на 1м²) боронувати не рекомендується [1].

При боронуванні зябу і посівів дотримуватися таких вимог (табл. 1). Ділянки з вираженим рельєфом боронують тільки упоперек або під невеликим кутом (5-6°) до напрямку схилу.

1. Агротехнічні вимоги [1].

Показник	Вимоги та допуски
Відхилення середньої фактичної глибини обробітку ґрунту від заданої, см	Не більше ± 1
Вирівняність поверхні поля (висота гребенів), см на ріллі	Не більше 3
на посівах зернових культур	Не більше 2-3
Діаметр грудок, см:	
при боронуванні зябу	4-5
при руйнуванні кірки і розпушуванні посівів	3-4
Пошкодження і засипання рослин, %	Не більше 5
Перекриття суміжних проходів агрегату, см	10-15
Швидкість руху агрегату при боронуванні посівів, км/год.	5-6
Огріхи і необроблені смуги	Не допускаються

Показники якості роботи і методи їх визначення. Якість боронування визначають за трьома основними показниками: глибині розпушування, вирівнюванні поверхні і грудкуватими ґрунту (табл. 2). При оцінці якості боронування враховують також огріхи і пропуски, наволоки від проходу борін, якість обробітку поворотних смуг. При наявності недоліків загальна оцінка роботи може бути знижена незалежно від оцінки за основними показниками.

2. Контроль та оцінка якості боронування [1].

Показник	Градація нормативів	Бали	Метод визначення
Глибина розпушування ґрунту, см	Не менше 4	3	У 10 місцях по діагоналі ділянки виміряти лінійкою глибину розпушування ґрунту
	Не менше 3	2	
	Менше 3, в окремих місцях кірка не зруйнована	1	
Вирівняність поверхні поля (висота гребенів і глибина борозен), см	Не більше 3	3	Оглянути візуально поверхню поля
	Не більше 4	2	
	Більше 4	1	
Грудкуватість (наявність брил діаметром більше 4 см), шт./м ²	Не більше 3-4	3	У 10 місцях по діагоналі ділянки накласти рамку площею 1 м ² , підрахувати кількість брил зазначеного діаметра і обчислити середнє значення
	Не більше 5	2	
	Більше 5	1	

Ефективність виконання будь-якої дії з рослиною залежить як від ефективності самої дії (забезпечення якості), так і від строків та

термінів її проведення. В табл. 3 представлені рекомендації щодо вимог та строків проведення боронування.

3. Проведення боронування [2].

Вимоги до технології проведення операції	Вимоги до строків проведення операції			Примітка
	оптимальний строк початку проведення операції	гранично-допустимий строк проведення операції	агротехнічно-оптимальна тривалість проведення	
Боронами БЗСС-1,0 в один слід упоперек посівів	Слідом за розпушуванням зябу і вирівнюванням ґрунту під ранні ярі культури	10-й день з початку польових робіт	Не більш 5-ти днів	Зріджені посіви не боронують
Боронами БИГ-3 в пасивному варіанті роботи робочих органів або ротаційних мотик	Теж	Теж	Теж	Ці машини застосовують на зріджених і нерозкущених з осені посівах

Висновки

1. За результатами досліджень встановлена методика визначення показників якості виконання механізованих технологічних операцій. Методика доволі проста, вона може застосовуватись в господарствах без великих затрат, при цьому визначені показники знаходяться в межах похибки.

2. Дослідженням встановлено, що існуючі методики оцінюють якісні показники з розрахунку можливостей машини, а не з розрахунку потреб рослини. Так, ми зустрічаємо методики визначення показників, але чому саме ці показники, чому саме такі межі, а для яких культур вони підходять? Нажаль відповідей на ці питання нам не дають.

3. Для ефективного планування сільськогосподарських заходів, щодо вирощування рослин, необхідно розробити методику з обов'язковим врахуванням показників, які дійсно мають вплив на розвиток рослини. Необхідно дослідити і визначити, як кількісна зміна якісного показника впливає на розвиток рослини і в подальшому на формування врожаю.

Список літератури

- Орманджи К.С. Контроль качества полевых работ / К.С. Орманджи / Справочник. – М.: Росагропромиздат, 1991. – 191 с.
- Миронов П.А. перечень основных технологических операций по уходу за посевами озимой пшеницы : учебное издание / П.А. Миронов. – Харьков:

8. Зубко В.М. Особливості формування біологічної врожайності озимої пшениці / В.М. Зубко // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. – К., 2013. – Вип. 185, ч. 3. – С. 328–334.

Требования растения, качество выполнения механизированных технологических операций, сельскохозяйственная машина, урожай.

Its paper is devoted to issue of quality of performance mechanized process operations, analysis methods determine quality indicators and their impact on biological and "record" yields.

Requirements plants, quality of mechanized manufacturing operations, agricultural machine harvest.

ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТОДІВ НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ І ДІАГНОСТУВАННЯ

С.С. Карабиньош, кандидат технічних наук
О.А. Сичевський, студент

В статті приведена порівняльна характеристика можливості виявлення основних дефектів та пошкоджень, які

© С.С. Карабиньов, О.А. Сичевський, 2014

8. Зубко В.М. Особливості формування біологічної врожайності озимої пшениці / В.М. Зубко // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. – К., 2013. – Вип. 185, ч. 3. – С. 328–334.

Требования растения, качество выполнения механизированных технологических операций, сельскохозяйственная машина, урожай.

Its paper is devoted to issue of quality of performance mechanized process operations, analysis methods determine quality indicators and their impact on biological and "record" yields.

Requirements plants, quality of mechanized manufacturing operations, agricultural machine harvest.

ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТОДІВ НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ І ДІАГНОСТУВАННЯ

С.С. Карабиньох, кандидат техінчих наук
О.А. Сичевський, студент

В статті приведена порівняльна характеристика можливості виявлення основних дефектів та пошкоджень, які

© С.С. Карабиньов, О.А. Сичевський, 2014

мають деталі сільськогосподарських машин, неруйнівним контролем та діагностування машин.

Контроль, дефектування, методи, голографія, інтерференція, деталі, надійність, рівень.

Постановка проблеми. Однією із важливих ланок в розв'язанні проблеми забезпечення високої надійності сільськогосподарських машин полягає у розробці, вдосконаленню і впровадженню у виробництво, ремонтну справу, а також експлуатацію методів та засобів неруйнуючого контролю, ефективність яких визначається перш за все їх достовірністю і продуктивністю. Для економіки України надзвичайно гострою постає проблема створення технологічного забезпечення, рекомендацій засобів на основі сучасних підходів до подовження терміну служби сільськогосподарських машин та обладнання при гарантованому забезпеченні безпеки їх експлуатації.

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.

Аналіз останніх досліджень. У сучасних умовах неруйнівний контроль із простої операції технологічного процесу перетворився в галузь науки про організацію контролю всього виробничого процесу. Неруйнуючий контроль розглядають [1] як процес визначення відповідності показників надійності (якості) виробів встановленим вимогам придатності їх застосування за призначенням.

Мета досліджень – встановити можливості переваги та недоліки сучасних методів неруйнівного контролю, які дозволяють визначити технічний стан сільськогосподарських машин.

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, трансформаторний електричний, тепловий, оптичний, радіохвильовий, рентгенівський, проникаючими речовинами.

Встановлено і доведено, що тільки комплексне поєднання властивостей конструктивних, технологічних, експлуатаційних та ремонтних методів дозволяє отримувати якісну продукцію, яка є комплексним показником якості вибраних матеріалів, якості технологічного виконання, якості комплектуючих виробів, заходів та засобів технічного обслуговування і ремонту при правильній експлуатації техніки. Запобігати аварійним, раптовим відмовам можливо тільки проведенням суворого своєчасного суцільного контролю за відповідальними елементами конструкції виробу.

Слід відмітити, що майже всі методи практично в тій чи іншій мірі дають можливість оцінювати технічний стан конкретної поверхні виробу, або тільки його фрагментів із певною мірою достовірності реальним процесом. Дослідження проведені на базі вибірки 25 одиниць найменування деталей широкої номенклатури, які містять характерні дефекти із десятикратною повторністю експерименту.

Потреби сучасного сільськогосподарського виробництва вимагають контролювати комплексно всю поверхню деталі або декілька поверхонь, або декілька деталей. Результати експериментальних досліджень, практичний досвід та аналіз літературних джерел [2, 3, 4] 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. 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. Аналіз результатів досліджень дозволив встановити, що такими особливостями володіють наступні методи неруйнівного контролю, які мають високу сумарну ймовірність виявлення дефектів: комп'ютерна голографія; акустичні: відбитого; проникаючого випромінювання; голографічний; трансформаторний; магнітопорошковий та електричний; інші методи дають дуже малу ймовірність виявлення на базі 23 визначених дефектів, які було виявлено на практиці в широкій номенклатурі деталей сільськогосподарського виробництва.

Умовою, яка обмежує конкретну ситуацію є наявність всіх чи групи дефектів. Цей діапазон може бути зменшений відповідно до реально отриманих значень або розширений з потребою проведення додаткових експериментальних досліджень. Проведений аналіз літературних джерел і експериментальні

дослідження дозволили встановити, що тільки застосування методів неруйнівного контролю дає можливість досягнути встановленого рівня надійності сільськогосподарських машин. Реалізація цих методів запобігає різко зменшити випуск дефектної продукції, кількість аварійних ситуацій й створити у споживача впевненість про високий рівень якості запропонованих виробів.

Експериментальними дослідженнями встановлено та практично підтверджено, що жоден конкретно розглянутий метод неруйнівного контролю не є універсальним, має певну обмежену область застосування. Більшість із них (аналіз приведено в попередніх розділах) дозволяє реєструвати характеристики дефекту наближено, без їх кількісних значень, глибини залягання, конфігурації, розмірів або зовсім не фіксує приховані пошкодження.

Ось чому, виникла необхідність в створенні нових і удосконаленні існуючих методів, їх комплексного поєднання із існуючими при розробці критеріїв застосування того чи іншого методу контролю при визначенні рівня працездатності конкретних деталей при виготовленні або відновленні із вибором раціонального методу обробітку.

Актуальним залишається розв'язання проблеми наявності напружень в контактних навантажених шарах робочих поверхонь деталей і зв'язаних із цим граничних станів виробів. 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.

Висновок. Проведений аналіз літературних джерел, накопичений практичний досвід, отримані попередні результати теоретичних та експериментальних досліджень, можливість повної комп'ютеризації в поєднанні із системним комплексним підходом, дає можливість встановити, що найбільш актуальним і практично цінним є модернізація, удосконалення та створення нових оптичних методів неруйнівного контролю і їх сучасного вияву – електронної спекл інтерферометрії (комп'ютерної голографії).

Список літератури

1. *Кучерявий В.М.* Пошкодження деталей сільськогосподарських машин та виявлення їх методами неруйнуючого контролю / *В.М. Кучерявий, С.С. Карабиньох* // Механізація сільського господарства. – Глеваха: ННЦ «ІМЕСГ», 2000. – Вип. 85. – С. 279–285.
2. *Белокур И.П.* Дефектология и неразрушающий контроль : навчальний посібник / *И.П. Белокур*. – К.: Вища школа, 1990. – 204 с.

3. Пронигов А.С. Параметрическая надежность машин / А.С. Пронигов. – М.: МГТУ им. Баумана, 2002. – 560 с.
4. Зорин В.А. Надежность машин / В.А. Зорин, В.С. Бочаров. – Орел: ОрелГТУ, 2003. – 549 с.

В статье приведена сравнительная характеристика возможности определения основных дефектов и повреждений, которые имеют детали сельскохозяйственных машин, неразрушающим контролем и диагностика машин.

Контроль, дефектовка, методы, голография, интерференция, детали, надежность, уровень.

There is resulted comparative description of possibility of exposure of basic defects and damages which have the parts of agricultural machines, by the non-destructive control and diagnostic machinery in paper.

Control, defect's determination, methods, holography, interference, details, reliability, level.

УДК 631.362

ОСНОВНІ ВИДИ ПОШКОДЖЕНЬ ДЕТАЛЕЙ РЕШІТНИХ ЗЕРНОДРОБАРОК

З.А. Морозовська, аспірантка*

Розглянуто проблеми виходу з ладу основних робочих органів решітних зернодробарок та їх вплив на якість подрібнення зерна.

Зернодробарка, решето, подрібнювальні молотки, вентилятор, експлуатація, спрацювання.

Постановка проблеми. Рівномірне подрібнення зерна покращує засвоєння тваринами поживних речовин, та зниження затрат енергії на пережовування кормів. При цьому можна отримати якісну кормову суміш.

Тому такі машини повинні мати високу надійність та довговічність. З метою виявлення факторів, що спричиняють певні види відмов необхідно провести аналіз роботи дробарок для подальшого їх усунення недоліків. У молоткових дробарках,

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

© З.А. Морозовська, 2014

3. Пронилов А.С. Параметрическая надежность машин / А.С. Пронилов. – М.: МГТУ им. Баумана, 2002. – 560 с.
4. Зорин В.А. Надежность машин / В.А. Зорин, В.С. Бочаров. – Орел: ОрелГТУ, 2003. – 549 с.

В статье приведена сравнительная характеристика возможности определения основных дефектов и повреждений, которые имеют детали сельскохозяйственных машин, неразрушающим контролем и диагностика машин.

Контроль, дефектовка, методы, голография, интерференция, детали, надежность, уровень.

There is resulted comparative description of possibility of exposure of basic defects and damages which have the parts of agricultural machines, by the non-destructive control and diagnostic machinery in paper.

Control, defect's determination, methods, holography, interference, details, reliability, level.

УДК 631.362

ОСНОВНІ ВИДИ ПОШКОДЖЕНЬ ДЕТАЛЕЙ РЕШІТНИХ ЗЕРНОДРОБАРОК

З.А. Морозовська, аспірантка*

Розглянуто проблеми виходу з ладу основних робочих органів решітних зернодробарок та їх вплив на якість подрібнення зерна.

Зернодробарка, решето, подрібнювальні молотки, вентилятор, експлуатація, спрацювання.

Постановка проблеми. Рівномірне подрібнення зерна покращує засвоєння тваринами поживних речовин, та зниження затрат енергії на пережовування кормів. При цьому можна отримати якісну кормову суміш.

Тому такі машини повинні мати високу надійність та довговічність. З метою виявлення факторів, що спричиняють певні види відмов необхідно провести аналіз роботи дробарок для подальшого їх усунення недоліків. У молоткових дробарках,

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

© З.А. Морозовська, 2014

основними робочими органами, що здійснюють процес руйнування матеріалу, є ротор з молотками, решета і деки. Негативний вплив спрацювання являється причиною виникнення відмов таких деталей кормодробарок, як: молотки, лопаті вентилятора, трубопроводи, деки, втулки та решета. Основною причиною відмов дробарок є зношування, в результаті якого змінюються геометричні параметри деталей. Найбільш слабкими деталями і вузлами являються молотки, відмова яких складають 27% від загальної суми відмов дробарок, колеса вентилятора – 21% та решета – 19%.

Аналіз останніх досліджень, літературних і патентних джерел свідчить, що перспективи механізованої технології і розробки технічних засобів для виконання при виготовленні комбікормів в напрямку збільшення кількості та якості продукції можна досягти в результаті удосконалення зернодробарок. Однак в Україні немає де застосувати впровадження для широкого його використання.

Мета досліджень. Визначити основні види пошкоджень зернодробарок, та встановити шляхи усунення даних неполадок для ефективного продовження роботи.

Результати досліджень. У більшості молоткових дробарок важливу роль в процесі подрібнення матеріалів відіграє швидкісний фактор руху потоку зерна.

При цьому подрібнений матеріал попадаючи на решета через отвори видаляються з подрібнювальної камери і направляється в циклон, а повітряний потік сприяє подачі вхідного матеріалу в дробильну камеру. Зазвичай використовується автономний вентилятор, який розташований на валу ротора або оснащений окремим приводом. У деяких випадках вентилятор і ротор суміщені, в результаті чого повніше використовується повітряний потік.

У лопатях вентилятора найбільший знос припадає на місце згину (рис. 1). Крупність подрібнення визначається встановленим у дробарці решетом. При подрібненні зернової маси найчастіше, в дробарках встановлюють гладкі решета з пробивними отворами діаметром 3, 4, 6, 8 і 10 мм, виготовлені з листової сталі товщиною 1...3 мм. Встановлення в дробарку решіт з різними діаметрами отворів дозволяє регулювати крупність подрібнення.

При кожному ударі молотка об зерна відбуватиметься розколювання та відбивання його на стінки решета де матеріал що не пройшов крізь отвори захоплюється у повітряний потік і під дією повторних ударів молотків та встановленої деки додатково доподрібниться. Удар частини зерна об грані решета призводить до часткового руйнування різанням, що при інтенсивності руху даного потоку буде піддавати руйнуванню отвори решета. А при попаданні

сторонніх предметів, в основному не металевих, що не вловлюються магнітом, призводять до його пробивання (рис. 2). Після чого потрібна заміна на нове.



Рис. 1. Зношення колеса вентилятора.



Рис. 2. Пробите решето зернодробарки.

На ефективність роботи дробарки і ступінь подрібнення впливають також маса молотків, стан їх граней і величина зазору між верхньою кромкою молотків і поверхнею сита. Для розмелювання зернових культур в борошно зазвичай застосовують пластинчасті молотки прямокутної форми товщиною 1,5×2,5 мм. Молотки виготовляють зі сталі 65Г [2].

Швидкість молотків є одним з основних факторів, що впливають на ефективність роботи дробарки, так як з підвищенням її збільшується і частота ударів молотків по частинкам продукту і зростає ступінь подрібнення. Відносно переміщення їх приводить до тертя та інтенсивного зношування (рис. 3). Особливістю цього процесу є ударний характер прикладення локальних навантажень при відносно великій швидкості руху.

Швидкість робочих органів даних машин вибирають в межах 40-120 м/с. Найбільш поширеними молотками, що встановлюються

на дробарки є пластинчасті з двома отворами (прямокутні, з вирізами), що дозволяє здійснювати чотириразову перестановку при зносі однієї з робочих граней. Шарнірне їх кріплення запобігає можливій аварії при контакті з великими твердими предметами, що потрапили в дробильну камеру.



Рис. 3. Спрацьовані молотки кормодробарки.

Практика використання дробарок показує, що причиною відмов дробарок є вихід з ладу деталей приводу. При ослабленні натяжних ременів або ланцюгів приводу та за підвищеної вологості продукту та надмірної подачі корму досить часто відбувається забивання дробарки. Натягування привідних пасів подрібнювального барабану регулюють натяжними роликками. Прогин лінії пасу при силі 60...70Н повинен дорівнювати 20...25 мм [1].

В процесі експлуатації дробарки потрібно правильно відрегулювати натяжні полотна транспортера. Для цього потрібно відкрутити контргайки і провести натягування полотна за допомогою спеціальних гвинтів. Регулювання потрібно проводити при включеному транспортері.

За допомогою натяжного приводу, що розміщений на рамі перевірити натяг ланцюгів механізму барабана. При недостатньому його натягу барабан не буде обертатися. Звідки прогин ланцюгів повинен бути в межах 5...15 мм.

При вібрації дробарки необхідно перевірити чи відповідає кількість молотків і шайб на кожній осі. Різниця маси комплексу молотків, шайб та вісі встановлені на діаметрально протилежних осях ротора повинна бути не меншою 10 г [1].

Висновок. Таким чином надійна робота кормодробарок обумовлена багатьма факторами, які часто знаходяться у складній взаємозалежності. Випадковість процесів формування відмов зумовлює порушення роботоздатності деталей і вузлів проводячи до зниження показників надійності.

Список літератури

1. *Справочник механизатора-животновода* / [Мартынов В.М., Уткин А.А., Широков Ю.А.]. – М.: Россельхозиздат, 1985. – 366 с.
2. *Сыроватка В.И.* Методика проведения испытаний машин для смешивания кормов / В.И. Сыроватка, Е.В. Алябьев. – М.: Научно-методический отдел ВИЭСХа, 1971. – 56 с.
3. *Новицький А.В.* Метод оцінки роботоздатності кормоподрібнюючих машин / А.В. Новицький // *Механізація сільськогосподарського виробництва*. – К.: НАУ. – 1998. – Т. IV. – С. 63–68.
4. *Новицький А.В.* Вивчення відмов кормодробарок з використанням теорії масового обслуговування / А.В. Новицький // *Технічний прогрес у сільському виробництві*. – Глеваха: ІМЕСГ УААН. – 1997. – С. 25–27.
5. *Бойко А.І.* Аналіз системних методів розрахунку надійності машин та обладнання / А.І. Бойко, А.В. Новицький, В.І. Мельник, З.В. Ружило, С.С. Карабиньох // *Вісник ХДТУСГ*. – Харків, 2003. – Вип. 15. "Підвищення надійності відновлюємих деталей машин". – С. 129–134.

Рассмотрены проблемы выхода из строя основных рабочих органов решетных зернодробилка и их влияние на качество измельчения зерна.

Зернодробилка, решето, дробильные молотки, вентилятор, эксплуатация, износ.

The problems of failure of main working bodies reshetnyh grain crusher and their impact on quality of grain refinement.

Grain crusher, screen, crushing hammers, fan operation, wear.

УДК 631.171:519.87

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ВИЗНАЧЕННЯ ЕЛЕКТРОПРОВІДНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ГРУНТОВОГО СЕРЕДОВИЩА

О.О. Броварець, кандидат технічних наук

У статті наведені теоретичні основи для опису електропровідних властивостей ґрунтового середовища отриманих шляхом моніторингу стану сільськогосподарських угідь та виведено емпіричні залежності для підвищення точності отриманих результатів.

Точне землеробство, моніторинг, електропровідні властивості, ґрунтове середовище.

© О.О. Броварець, 2014

Список літератури

1. *Справочник механизатора-животновода* / [Мартынов В.М., Уткин А.А., Широков Ю.А.]. – М.: Россельхозиздат, 1985. – 366 с.
2. *Сыроватка В.И.* Методика проведения испытаний машин для смешивания кормов / В.И. Сыроватка, Е.В. Алябьев. – М.: Научно-методический отдел ВИЭСХа, 1971. – 56 с.
3. *Новицький А.В.* Метод оцінки роботоздатності кормоподрібнюючих машин / А.В. Новицький // *Механізація сільськогосподарського виробництва*. – К.: НАУ. – 1998. – Т. IV. – С. 63–68.
4. *Новицький А.В.* Вивчення відмов кормодробарок з використанням теорії масового обслуговування / А.В. Новицький // *Технічний прогрес у сільському виробництві*. – Глеваха: ІМЕСГ УААН. – 1997. – С. 25–27.
5. *Бойко А.І.* Аналіз системних методів розрахунку надійності машин та обладнання / А.І. Бойко, А.В. Новицький, В.І. Мельник, З.В. Ружило, С.С. Карабиньох // *Вісник ХДТУСГ*. – Харків, 2003. – Вип. 15. "Підвищення надійності відновлюємих деталей машин". – С. 129–134.

Рассмотрены проблемы выхода из строя основных рабочих органов решетных зернодробилка и их влияние на качество измельчения зерна.

Зернодробилка, решето, дробильные молотки, вентилятор, эксплуатация, износ.

The problems of failure of main working bodies reshetnyh grain crusher and their impact on quality of grain refinement.

Grain crusher, screen, crushing hammers, fan operation, wear.

УДК 631.171:519.87

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ВИЗНАЧЕННЯ ЕЛЕКТРОПРОВІДНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ГРУНТОВОГО СЕРЕДОВИЩА

О.О. Броварець, кандидат технічних наук

У статті наведені теоретичні основи для опису електропровідних властивостей ґрунтового середовища отриманих шляхом моніторингу стану сільськогосподарських угідь та виведено емпіричні залежності для підвищення точності отриманих результатів.

Точне землеробство, моніторинг, електропровідні властивості, ґрунтове середовище.

© О.О. Броварець, 2014

Аналіз останніх досліджень. Один з головних підходів при застосуванні технологій точного землеробства – оптимізувати урожайність і забезпечити екологічну якість сільськогосподарської продукції і зони управління сільськогосподарським полем. У цьому аспекті важливу роль відіграє визначення ґрунтової електричної провідності для визначення величини прибутку на основі даних просторової мінливості та вмісту поживних речовин у ґрунті. Знання певної структура варіабельності ґрунтового покриву дозволяє прийняти рішення для управління за допомогою технологій точного сільського господарства [1].

Структура ґрунту змінюється в значних межах на багатьох сільськогосподарських полях. Фізичні властивості ґрунту, як наприклад ґрунтова структура, мають прямий ефект на водомісткість, ємність катіонного обміну, урожайність тощо. Поживні речовини, що містяться у ґрунтах, використовуються рослиною і їх вміст у ґрунті зменшуються. Загальноприйнятою характеристикою вмісту поживних речовин у ґрунтів є вміст азоту, наявність якого у ґрунті значною мірою визначає урожайність. Картографія ґрунтової електричної провідності, широко використовується як ефективний засіб відображення ґрунтової структури і інших ґрунтових властивостей [2].

Швидкий опис мінливості сільськогосподарських угідь – важливий компонент для зональних методів управління, зокрема технологій точного землеробства.

Точне сільське господарство вимагає точних даних про вміст поживних речовин, яких бракує у ґрунті, щоб досягти максимального прибутку при найменших затратах. Очевидний, що датчик ґрунтової електропровідності – корисний інструмент в картографії ґрунтів, щоб ідентифікувати області варіабельності ґрунтових властивостей [3].

Мета досліджень. Нашою специфічною метою за цим дослідженням є отримання напівемпіричних моделей для визначення електропровідних властивостей ґрунтового середовища на основі існуючих методик визначення електропровідних властивостей.

Емпіричні залежності для визначення електропровідних властивостей. Розглянемо n -контурний електричний ланцюг, що складається з джерела напруги e_i , активних резисторів R_{ik} , конденсаторів ємністю C_{ik} і котушок індуктивності L_{ik} .

Струм в i_i -м контурі:

$$i_i = \frac{dq_i}{dt} = \dot{q}_i \quad (i_i = 1, 2, \dots, n), \quad (1)$$

де q_i – кількість електрики.

Енергія магнітного поля такого ланцюга:

$$T_e = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^n L_{ik} \dot{q}_i \dot{q}_k \quad (2)$$

Енергія електричного поля:

$$U_e = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^n \frac{1}{C_{ik}} \dot{q}_i \dot{q}_k . \quad (3)$$

Дисипативна функція, що характеризує втрату енергії на активному опорі:

$$F_e = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^n R_{ik} \dot{q}_i \dot{q}_k . \quad (4)$$

Загальна сила і дисипативна функція зв'язані відношенням:

$$Q_{iR} = - \frac{\partial F_e}{\partial \dot{q}_i} \quad (5)$$

Уявна робота напруги в електричному ланцюгу:

$$\delta'A = \sum_{i=1}^n u_i \delta q_i . \quad (6)$$

Розглянуті характеристики механічної і електричної системи подібні. Для співставлення динамічних рівнянь електричного ланцюга можуть бути використані рівняння Лагранжа другого роду (рівняння Лагранжа-Максвелла), якщо за узагальненні координати прийняти кількість електрики q_i , $i = 1, 2, \dots, n$.

Для механічної системи:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}_i} \right) + \frac{\partial U}{\partial q_i} + \frac{\partial F}{\partial \dot{q}_i} = Q_i \quad (i = 1, 2, \dots, n) . \quad (7)$$

Для електричної системи:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T_e}{\partial \dot{q}_i} \right) + \frac{\partial U_e}{\partial q_i} + \frac{\partial F_e}{\partial \dot{q}_i} = e_i \quad (i = 1, 2, \dots, n) . \quad (8)$$

Останнє рівняння виражає другий закон Кіргофа для електричного ланцюга: алгебраїчна сума електрорушійної сили в будь-якому контурі рівна алгебраїчній сумі падіння напруги на елементах контуру. Кінетична енергія механічної системи відповідає енергії магнітного поля, потенціальна енергія – енергії електричного поля, дисипативній функції – функція F_e і узагальнена сила Q_i – електрорушійна сила e_i . Рівняння для системи з однією системою вільності ($n=1$) має вигляд:

$$a\ddot{q} + b\dot{q} + cq = Q(t) \quad (9)$$

і

$$L\ddot{q} + R\dot{q} + \frac{1}{C} q = e(t) . \quad (10)$$

Рівняння описує вимушені коливання механічної системи з однією ступінню вільності, рівняння – вимушених коливань в одно контурному ланцюгу. Для електричної системи з n парами вузлів, у якій за узагальнені координати вибрана електрична напруга u_i , маємо наступні вирази.

Енергія магнітної напруги:

$$T_e = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^n C_{ik} \dot{u}_i \dot{u}_k. \quad (11)$$

Енергія електричного поля:

$$U_e = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^n \frac{1}{L_{ik}} \dot{u}_i \dot{u}_k. \quad (12)$$

Дисипативна функція, що характеризує втрату енергії на активному опорі:

$$F_e = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^n R_{ik} \dot{u}_i \dot{u}_k. \quad (13)$$

Тут кінетична енергія механічної системи відповідає енергії електричного поля, потенціальна енергія – енергія магнітного поля, узагальнена сила – швидкість зміни струму. Рівняння Лагранжа другого роду для електричної системи по аналогу «сила-струм» виражає перший закон Кіргофа: алгебраїчна сума струмів в узлі рівна нулю.

Диференціальне рівняння для електричного ланцюга з однією парою вузлів:

$$C\ddot{u} + \frac{1}{R}\dot{u} + \frac{1}{L}u = \frac{di}{dt}. \quad (14)$$

В таблиці наведені вирази для потенціальної та кінетичної енергії, дисипативної функції і узагальнених сил системи з однією ступінню вільності для різних типів аналогів.

Вираз для аналогій «сила-напруга» і «сила-струм».

Системи і аналоги	Узагальнені координати	Узагальнена сила	Кінетична енергія	Потенціальна енергія	Дисипативна функція
Механічна	$q(t)$	$Q(t)$	$\frac{1}{2} m \dot{q}^2$	$\frac{1}{2} c q^2$	$\frac{1}{2} b \dot{q}^2$
Електрична «сила-напруга»	$q(t)$	$e(t)$	$\frac{1}{2} L \dot{q}^2$	$\frac{1}{2} \frac{1}{C} q^2$	$\frac{1}{2} R \dot{q}^2$
Електрична «сила-струм»	$u(t)$	$\frac{di}{dt}$	$\frac{1}{2} C \dot{u}^2$	$\frac{1}{2} \frac{1}{L} u^2$	$\frac{1}{2} \frac{1}{R} \dot{u}^2$

Електромеханічні системи. Поєднання механічної і електромеханічної системи в робочий блок, в якому перетворюється механічна енергія в електромагнітну називається електромеханічною системою.

Для системи з n ступенями вільності рівняння вимушених коливань має вигляд

$$A\ddot{q} + B\dot{q} + Cq = F(t). \quad (15)$$

де $F(t)$ – матриця-стовпчик узагальнених зовнішніх сил.

Оперативний метод рішення. Застосування перетворення Лапласа до диференціальних рівнянь приводить до системи лінійних алгебраїчних рівнянь:

$$(Ap^2 + Bp + C)q_*(p) = F_*(p) + (Ap + B)q_0 + A\dot{q}_0. \quad (16)$$

де $q_*(p)$ і $F_*(p)$ – матриця-стовпчик зображення, відповідаюча матриця $q(t)$ і $F(t)$; вектори q_0 і $\dot{q}_0$ визначають початкові умови. Вирішують отриману систему, наприклад по правилу Крамера, знаходимо вектор зображення $q_*(p)$. Використання зворотного перетворення Лапласа дає шукане рішення.

Метод функцій Гріна. Частко рішення рівняння можна представити у вигляді:

$$q_i(t) = \sum_{k=1}^n \int_0^t h_{ik}(t, \tau) F_k(\tau) d\tau. \quad (17)$$

Складається із лінійних пружин і демпферів, з'єднання певним чином. Різні з'єднання дозволяють моделювати різні рівняння, що зв'язують напругу деформації σ , деформацію ε і продуктивність по часу. Комплексна питома діелектрична провідність пористої речовини залежить від двох компонентів [4]:

$$\varepsilon^* = \varepsilon_r - j\varepsilon_i. \quad (18)$$

де ε^* – комплексна діелектрична питома провідність $\varepsilon^* = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_0}$ (безрозмірна); ε – питома провідність пористого матеріалу (F/m); ε_0 – питома провідність вільної ділянки ($8.854 \times 10^{-12} F/m$); j – уявне число ($\sqrt{-1}$); ε_r – дійсний компонент ε^* ; ε_i – пов'язаний з втратою енергії, викликаній переважно двома коефіцієнтами, молекулярним ослабленням і провідністю постійного струму [5]:

$$\varepsilon_i = \varepsilon_{i, mr} + (\sigma / 2\pi f \varepsilon_0). \quad (19)$$

де $\varepsilon_{i, mr}$ – відносна питома провідність завдяки молекулярному ослабленню (безрозмірно); σ – низька частотна провідність (См/м); f – частота (Гц).

Справжня частина діелектричної питомої провідності ε_r безпосередньо зачеплена з вмістом води, вміст води складає близько 80% і тільки близько 4,4-6% загальних мінералів [6] землі, поки змінна частина впливає на солоність ґрунту. Використовуючи ці принципи можливо опосередковано оцінити вміст води у ґрунті залежно від дійсної маси ε_r і від питомої провідності пористого матеріалу ε , який можна використовувати для оцінки засоленості земель. Метод Гідра Проб – це електричний імпульсний датчик, який діє у виправленій частоті 50 MHz. Це найбільш дешевий у використанні спосіб, який використовується, щоб оцінити об'ємний вміст ґрунтової води ε_r і ε_i за допомогою використання емпіричних визначень залежностей [7].

Важливою проблемою визначення методом Гідра Проб є те, що результати необхідно ідентифікувати за формулою (18), тобто молекулярне ослаблення і низьку частотну провідність, не можливо розділяти від один одного. Часто припускається, що вклад $\varepsilon_{j,mr}$ і ε_i дуже малий [8]. Провідність в Гідра Проб тоді вирахована від тільки уявної питомої провідності [9]:

$$\sigma_d = (\varepsilon_i 2\pi f \varepsilon_0) \quad (20)$$

де σ_d – діелектрична провідність (См/м).

Формула (20) придатна для прогнозу провідності із Гідра Проб [10]. Діелектрична провідність (σ_d) у формулі (19) звичайно рівноцінна до електричної провідності (тобто від формулі (19) ґрунту в межах певного класу більшості ґрунтів [11]. Тому, краще припустити, що діелектрична провідність (σ_d) рівноцінна до наявної питомої електричної провідності землі (σ_a).

Видиму масова електрична провідність землі може відділятися в двох компонентах [12]:

$$\sigma_A = \chi \sigma_w + \sigma_s. \quad (21)$$

де χ – геометричний коефіцієнт, який враховує нерегулярне розповсюдження води в порах ґрунту; σ_w – електрична провідність (См/м); σ_s – електрична провідність твердої фази ґрунту (См/м).

Формула (21) може виражатися у відповідній формі для ґрунтової кондукції і другому виразі [13, 14]:

$$\sigma_A = \Theta_v T(\Theta_v) \sigma_w + \sigma_s, \quad (22)$$

де Θ_v – об'ємний вміст вологи (см³/см³); $T(\Theta_v)$ – коефіцієнт (також відомий як звивистість, і геометричний або формовий коефіцієнт) передачі як функція від Θ_v .

Самі електромагнітні методи використання, σ_a і Θ_v може оцінюватися один спеціальний датчик відкалібрований для певних ґрунтів та умов. При 50 МГц методом Гідра Проби оцінюємо видиму питому електричну провідність, яка залежить від уявної складової діелектричної питомої провідності, ε_i і визначається за допомогою формули (21). Хоча значення для σ_a може відрізнятися від ε_i , це є необхідним для вибору кращих методів оцінювання провідності пористості ґрунту σ_w . Теоретично, провідність пор води – це кращий індекс солоності ґрунту тому що це пов'язано з ґрунтовою кореневою системою [15] і тому відповідно дуже сильно зв'язані загальна солоність землі з їхніми загальними параметрами про вміст поживних речовин. Таким чином, знання про повну ґрунтову провідність дає можливість прийняти рішення для ефективного керування сільськогосподарським угіддям.

Дані зразків ґрунтових проб поля вимірянні σ_w часто недостовірні і схильні до випадкової помилки. До того ж, композиція структури ґрунтового складу часто варіюється у просторі і часі. Тому це бажано оцінити величину σ_w використовують більш легкі виконуваних непрямі вимірювання. Електромагнітні датчики – це приваблива альтернатива для такої мети, переважно, тому що вони можуть, теоретично, забезпечити в будь-якому місці з мінімальними затратами, в режимі реального часу оцінити величину σ_w , яка залежить від вмісту води у ґрунті. Для визначення електропровідних властивостей ґрунтового середовища пропонуються дві моделі.

Модель 1. Об'ємний вміст води може оцінюватися:

$$\Theta_v = A\sqrt{\varepsilon_r} + B \quad (23)$$

де A і B – емпіричні коефіцієнти відповідності.

Використовуючи формулу (23) коефіцієнт передачі – це функція вмісту води $T(\Theta_v)$. З тих пір, як вміст води оцінений від ε_r , T повинен також бути деякою функцією ε_r . Залучення добре відомої лінійної форми для T :

$$T = \alpha\Theta_v + b. \quad (24)$$

де a і b емпіричні коефіцієнти відповідності. Підставивши формулу (23) в (24) ми одержуємо:

$$T = \tilde{N}\sqrt{\varepsilon_r} + D. \quad (25)$$

де $C = \alpha A$ і $D = (\alpha B + b)$.

Замінивши формули (23) і (25) в формулу (19) і об'єднання емпіричних коефіцієнтів, які ми одержуємо:

$$\sigma_a = (\alpha\sqrt{\varepsilon_r} + \beta\varepsilon_r + \gamma)\sigma_w + \sigma_s. \quad (26)$$

Формула (26) є діелектричним еквівалентом до формул (20) і (21). У формулі (26), коефіцієнт передачі приймає на себе форму нового діелектричного взаємовідношення:

$$T_d = \alpha\sqrt{\varepsilon_r} + \beta\varepsilon_r + \gamma, \quad (27)$$

де T_d – діелектричний коефіцієнт передачі.

Замінімо у формулу (20) на формулу (31) і рішення для σ_w , ми можемо визначити σ_w залежно від ε_r і ε_i , модель буде мати наступні параметри:

$$\sigma_w = (\varepsilon_i 2\pi f \varepsilon_0 - \sigma_s) / (\alpha\sqrt{\varepsilon_r} + \beta\varepsilon_r + \gamma), \quad (28)$$

де $\varepsilon_i 2\pi f \varepsilon_0 = \sigma_d$ який рівноцінний до σ_a (См/м). Ця нова модель провідності води пори математик проста і дійсна для будь-якого значення $\varepsilon_r \geq 0$ справжня питома провідність твердих частинок (ε_s). З часу в σ_a теорії буде завжди рівний або більший, ніж оскільки модель вимушена ($\varepsilon_i 2\pi f \varepsilon_0 - \sigma_s \geq 0$). Знаменник у формулі (28) повинен бути більший, ніж нульовий, з часу в нульовому, вирівнювання невизначене і негативні прогнози не фізично значущі.

Модель 2. Для вивчення електропровідних властивостей ґрунтового середовища, використовують напівемпіричні і гідравлічні моделі [16], отримаємо коефіцієнт передачі в формулі (21) приймає наступну форму:

$$T = \Theta_v^\lambda \quad (29)$$

де λ є емпіричним коефіцієнтом відповідності. Підставивши у формулу (22) ми досягаємо:

$$\sigma_a = \Theta_v^{\lambda+1} \sigma_w + \sigma_s \quad (30)$$

Замінивши (23) в формулі (30) отримаємо:

$$\sigma_a = (A\sqrt{\varepsilon_r} + B)\Theta_v^{\lambda+1} \sigma_w + \sigma_s \quad (31)$$

де діелектричний коефіцієнт передачі зараз приймає на себе форму:

$$T_d = (A\sqrt{\varepsilon_r} + B)^{\lambda+1} \quad (32)$$

Підставивши формулу (20) у формулу (31) і рішення для σ_w нова модель визначення електропровідності отримана в термінах ε_r і ε_i :

$$\sigma_w = (\varepsilon_i 2\pi f \varepsilon_0 - \sigma_s) / (A\sqrt{\varepsilon_r} + B)^{\lambda+1} \quad (32)$$

де $\varepsilon_i 2\pi f \varepsilon_0 = \sigma_d$ який рівноцінний до σ_a (См/м).

Формула (32) дійсна для будь-якого значення $\varepsilon_r \geq \varepsilon_s$, $(\varepsilon_i 2\pi f \varepsilon_0 - \sigma_s) \geq 0$ і $(A\sqrt{\varepsilon_r} + B)^{\lambda+1} > 0$.

Висновок. Виведено дві моделі для визначення електропровідних властивостей ґрунтового середовища на основі існуючих методик визначення електропровідних властивостей, що дозволить підвищити точність обробки отриманих результатів, а як наслідок підвищити ефективність та якість виконання технологічних операцій.

Список літератури

1. *Determination of potential management zones from soil electrical conductivity, yield and crop data.* Li Y ; Shi Z ; Wu CF ; Li HY ; Li F. Journal Of Zhejiang University. Science. B [J Zhejiang Univ Sci B] 2008 Jan; Vol. 9 (1), p. 68–76.
2. *Applying nitrogen site-specifically using soil electrical conductivity maps and precision agriculture technology.* Lund ED ; Wolcott MC ; Hanson GP, Thescientificworldjournal [ScientificWorldJournal] 2001 Oct 16; Vol. 1 Suppl 2, pp. 767-76. Date of Electronic Publication: 2001 Oct 16.
3. *Small Scale Spatial Variability of Apparent Electrical Conductivity within a Paddy Field.* Aimrun, W.1, Amin, M. S. Ezrin, M. H., Applied & Environmental Soil Science; 2009, Vol. 2009, p. 1–7.
4. *Kraus, J.D.. 1992. Electromagnetics.* McGraw Hill, Inc. 847p. Leao, T.P., 2009; Raju, G.G.. 2003. Dielectrics in Electric Fields. Dekker. – 578 p.
5. *Seyfried. M.S., Grant, L.E., Du, E., Humes, K., 2005. Dielectric loss and calibration of the hydra probe water sensor.* Vadose Zone Journal 4,1070–1079.
6. *Robinson. D.A., 2004. Measurement of the solid dielectric permittivity of clay minerals and granular samples using a time domain reflectometry immersion method.* Vadose Zone Journal 3. 705–713.
7. *Bosch. D.D., 2004. Comparison of capacitance-based soil water probes in coastal plain soils.* Vadose Zone Journal 3,1380-1389; *Seyfried. M.S., Grant, L.E., Du, E., Humes, K., 2005. Dielectric loss and calibration of the hydra probe water sensor.* Vadose Zone Journal 4,1070–1079.
8. *Campbell, J.E., 1990. Dielectric properties and influence of conductivity in soils at one to fifty megahertz.* Soil Science Society of America Journal 54. 332–341.
9. *Campbell, J.E., 1990. Dielectric properties and influence of conductivity in soils at one to fifty megahertz.* Soil Science Society of America Journal 54. 332–341; *Seyfried. M.S., Grant, L.E., Du, E., Humes, K., 2005. Dielectric loss and calibration of the hydra probe water sensor.* Vadose Zone Journal 4,1070–1079.
10. *Stevens Water Monitoring System, 2007. The Hydra Probe Soil Sensor.* <<http://www.stevenswater.com/catalog/stevensProduct.aspx?SKU='93640'>> (accessed02.01.08).
11. *Seyfried. M.S., Murdock. M.D.. 2004. Measurement of soil water content with a 50 MHz soil dielectric sensor.* Soil Science Society of America Journal 68,394–403; *Seyfried. M.S., Grant, L.E., Du, E., Humes, K., 2005. Dielectric loss and calibration of the hydra probe water sensor.* Vadose Zone Journal 4,1070–1079.
12. *Mualem, Y., Friedman, S.P.. 1991. Theoretical prediction of electrical conductivity in saturated and unsaturated soil.* Water Resources Research 27,2771–2777.
13. *Rhoades, J.D., Raats, P.A.C., Prather, R.J., 1976. Effects of liquid-phase electrical conductivity, water content, and surface conductivity on bulk soil electrical conductivity.* Soil Science Society of America Journal 40, 651–655.

14. Amente, C, Baker, J.M., Reece, C.F., 2000. Estimation of soil solution conductivity from bulk soil electrical conductivity in sandy soils. Soil Science Society of America Journal 64, 1931–1939.
15. Corwin, D.L. Lesch, S.M., 2005. Apparent soil electrical conductivity measurements in agriculture. Computers and Electronics in Agriculture 46,11-43.
16. Amente, C, Baker, J.M., Reece, C.F., 2000. Estimation of soil solution conductivity from bulk soil electrical conductivity in sandy soils. Soil Science Society of America Journal 64, 1931–1939.

В статье приведенные теоретические основы для описания электропроводных свойств грунтовой среды полученных путем мониторинга состояния сельскохозяйственных угодий и выведена эмпирическая зависимость для повышения точности полученных результатов.

Точное земледелие, мониторинг, электропроводные свойства, грунтовая среда.

In paper the resulted theoretical bases for description of electrical properties of ground environment of agricultural lands got by monitoring of state and empiric dependences are shown out for increase of exactness of got results.

Precision agriculture, monitoring, conductive properties, soil ground.

Роботу виконано за підтримки гранта Президента України для підтримки наукових досліджень молодих учених на 2013 рік (проект GP/F49/109).

УДК 631.173

СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МОЛОЧНОГО СКОТАРСТВА КИЇВСЬКОЇ ОБЛАСТІ ЗАСОБАМИ ДЛЯ ПРИГОТУВАННЯ І РОЗДАВАННЯ КОРМІВ

А.В. Новицький, кандидат технічних наук

В статті проведено аналіз технічної забезпеченості тваринницької галузі засобами для приготування і роздавання кормів. Сформовані передумови розвитку вітчизняного ринку засобів для приготування і роздавання кормів.

Машина, засіб для приготування і роздавання кормів, тваринництво, молочне скотарство.

© А.В. Новицький, 2014

14. Amente, C, Baker, J.M., Reece, C.F., 2000. Estimation of soil solution conductivity from bulk soil electrical conductivity in sandy soils. Soil Science Society of America Journal 64, 1931–1939.
15. Corwin, D.L. Lesch, S.M., 2005. Apparent soil electrical conductivity measurements in agriculture. Computers and Electronics in Agriculture 46,11-43.
16. Amente, C, Baker, J.M., Reece, C.F., 2000. Estimation of soil solution conductivity from bulk soil electrical conductivity in sandy soils. Soil Science Society of America Journal 64, 1931–1939.

В статье приведенные теоретические основы для описания электропроводных свойств грунтовой среды полученных путем мониторинга состояния сельскохозяйственных угодий и выведена эмпирическая зависимость для повышения точности полученных результатов.

Точное земледелие, мониторинг, электропроводные свойства, грунтовая среда.

In paper the resulted theoretical bases for description of electrical properties of ground environment of agricultural lands got by monitoring of state and empiric dependences are shown out for increase of exactness of got results.

Precision agriculture, monitoring, conductive properties, soil ground.

Роботу виконано за підтримки гранта Президента України для підтримки наукових досліджень молодих учених на 2013 рік (проект GP/F49/109).

УДК 631.173

СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МОЛОЧНОГО СКОТАРСТВА КИЇВСЬКОЇ ОБЛАСТІ ЗАСОБАМИ ДЛЯ ПРИГОТУВАННЯ І РОЗДАВАННЯ КОРМІВ

А.В. Новицький, кандидат технічних наук

В статті проведено аналіз технічної забезпеченості тваринницької галузі засобами для приготування і роздавання кормів. Сформовані передумови розвитку вітчизняного ринку засобів для приготування і роздавання кормів.

Машина, засіб для приготування і роздавання кормів, тваринництво, молочне скотарство.

© А.В. Новицький, 2014

Постановка проблеми. Аналіз стану тваринництва у господарствах Київської області в 2012 році показує, що валовий надій молока від корів молочного напрямку виявився вищим показників 2011 року. Слід відзначити, що в аграрних підприємствах всіх категорій Київщини виробництво молока зросло з 438,9 тис. тон у 2011 році до 476,3 тис. тон у 2012 році, що склало 108,5%. В якості основних передумов підвищення вказаних показників, крім зростання поголів'я ВРХ та покращення кормового забезпечення, можна назвати технічну забезпеченість галузі. Статистичний аналіз забезпечення тваринницької галузі машинами і механізмами для приготування кормів, до складу яких входять засоби для приготування і роздавання кормів показує, що за останні 3-5 років, їх щорічний випуск в Україні змінюється від 160 до 187 тисяч штук.

На сьогоднішній день парк роздавачів кормів в Україні перевищує свій термін служби в 2-2,5 рази, а коефіцієнт оновлення не перевищує 3-5%.

Аналіз останніх досліджень. Для забезпечення продовольчої безпеки України Мінагрополітики спільно з науковими установами НААН розроблено Національний проект «Відроджене скотарство» [2], який передбачає вирішення цілого ряду важливих проблем, серед яких: нарізання поголів'я ВРХ, його продуктивності та валових обсягів виробництва; технічне та технологічне переоснащення галузі; формування організаційно-економічних, технологічних та нормативно-правових засад його впровадження; науковий супровід реалізації проекту.

Важливість якісного технічного забезпечення сільськогосподарського виробництва, у тому числі й тваринництва на сьогодні добре усвідомлюється вітчизняними вченими та практиками. На необхідності залучення новітніх видів техніки для підвищення продуктивності праці та конкурентоспроможності тваринницької продукції на світовому ринку наголошується в працях [1, 4, 5, 7] та ін. Досягнути такого рівня виробництва буде можливим, в основному, за рахунок зростання технічної оснащеності, використання новітніх технологій та ефективного використання техніки. Проте, враховуючи динамізм процесів у сільському господарстві, закономірно виникає потреба розширення і поглиблення досліджень молочного скотарства, зокрема на регіональному рівні [6], що і зумовило вибір теми статті.

Мета досліджень. Метою дослідження є виявлення взаємозв'язку між забезпеченістю технічними засобами та результатами виробництва молока у сільськогосподарських підприємствах Київщини.

Результати досліджень. У створенні і подальшому розвитку молочного скотарства, важливе значення відіграє узгодженість параметрів їх технічної забезпеченості та поголів'я ВРХ. Саме тому, особливу увагу заслуговує проблема оцінки забезпечення підприємств машинами і механізмами для приготування кормів, роздавачами кормів. На сучасному етапі розвитку тваринництва в світі, так і в Україні все більшого поширення набувають засоби для приготування і роздавання кормових сумішей, які поєднують виконання операцій навантаження, подрібнення, змішування, а також забезпечують транспортування і дозоване їх роздавання.

Проведемо аналіз забезпечення підприємств Київської області машинами і механізмами для приготування кормів (ММПК). За даними Головного управління статистики у Київській області [3], в 2012 р. в столичному регіоні у користуванні сільськогосподарських підприємств, для приготування кормів нараховувалось 182 машини і механізми.

Протягом року в сільськогосподарські підприємства області надійшли 24 машини, що склало 13% від сумарної їх кількості. Разом з тим, у 2012 році вибув 21 засіб для приготування кормів, 7 з яких списано в результаті граничного зносу.

Щодо роздавачів кормів (РК) для ВРХ, то лише в Київській області [3] кількість цих машин різних марок станом на 1 січня 2013 становила лише 391 одиницю. Слід зазначити, що 331 машина знаходилась в сільськогосподарських підприємствах і забезпечувала годівлю 154,9 тис. голів ВРХ. При цьому, щорічний стан надходження в агропідприємства області показує, що в 2012 році їх кількість зросла на 18 роздавачів, що складає лише 4,6%. В той же час з обліку вибуло 34 роздавачі, 17 з яких списані в результаті настання граничного зносу, а це складає 4,2% від сумарної їх кількості.

Одним з найважливіших показників ефективності молочного скотарства є валовий надій молока, який формується в залежності від наявного в господарствах племінного поголів'я ВРХ, під впливом кормової бази та забезпеченості засобами для приготування і роздавання кормів. Хоча протягом останніх років відмічається певне підвищення досліджуваного показника, але його рівень ще набагато менший, ніж в більшості європейських країн.

Тобто, цілком логічно, враховуючи значення машин і механізмів для приготування кормів та роздавачів кормів у тваринництві, стверджувати, що зі збільшенням вказаних засобів у сільськогосподарських підприємствах повинні зростати середні надої на середнє поголів'я (СНСП) ВРХ, приріст живої ваги та рівень їх економічної ефективності.

1. Аналіз наявності машин і механізмів для приготування кормів та роздавачів кормів для ВРХ в районах Київської області в 2012 р.

№ п.п.	Назва району (населеного пункту)	Машини і механізми для приготування кормів			Роздавачі кормів для ВРХ		
		Надійшли протягом року	Вибуло протягом року	Наявність на кінець року	Надійшли протягом року	Вибуло протягом року	Наявність на кінець року
1.	Біла Церква	1	-	3	-	-	3
2.	Васильків	-	-	1	-	-	1
3.	Переяслав - Хмельницький	-	-	-	-	-	8
4.	Ржищів	1	-	2	-	-	-
5.	Обухів	-	3	1	-	2	6
6.	Баришівський	1	-	4	1	-	11
7.	Білоцерківський	2	1	21	5	9	54
8.	Богуславський	-	-	-	1	5	9
9.	Бориспільський	-	-	3	1	-	6
10.	Бородянський	-	2	1	-	-	6
11.	Броварський	1	-	2	-	-	11
12.	Васильківський	4	2	21	2	8	17
13.	Володарський	1	1	9	1	3	15
14.	Вишгородський	-	4	2	-	-	1
15.	Згурівський	2	1	5	-	-	6
16.	Іванківський	-	1	3	-	-	4
17.	Кагарлицький	-	-	14	-	1	37
18.	Києво-Святошинський	-	2	4	1	1	23
19.	Макарівський	-	-	5	-	1	11
20.	Миронівський	2	-	9	1	1	27
21.	Обухівський	1	-	6	-	-	21
22.	Переяслав-Хмельницький	-	-	3	-	-	18
23.	Рокитнянський	1	-	7	-	2	20
24.	Сквирський	2	2	7	2	-	17
25.	Ставищенський	1	-	8	-	-	7
26.	Таращанський	-	-	8	-	-	16
27.	Тетіївський	3	-	8	1	-	10
28.	Фастівський	1	-	13	1	-	7
29.	Яготинський	-	2	12	1	1	19
Всього		24	21	182	18	34	391

Це підтверджується середніми надоями на середнє поголів'я, відповідним парком машин і механізмів для приготування кормів та роздавачами кормів (технічне забезпечення скотарства: СНСП→; ММПК→; РК→), які в 2012 році були відмічені: в Миронівському (СНСП→6635кг; ММПК→9шт.; РК→27шт.), Білоцерківському

(СНСП→6485кг; ММПК→21шт.; РК→54шт.), Тетіївський (СНСП→6076кг; ММПК→8шт.; РК→10шт.) та Києво-Святошинському (СНСП→5732кг; ММПК→4шт.; РК→23шт.) районах.

Серед підприємств, які мають найкращі показники забезпечення засобами для приготування і роздавання кормів (ЗПРК) в представлених районах Київщини слід згадати Київську дослідну станцію тваринництва «Терезине» Білоцерківського району, ВП НУБіП України «Великоснітинське навчально-дослідне господарство ім. О.В. Музиченка», ДП «Чайка» філія «Лісне» Києво-Святошинського району. В господарствах на фермах ВРХ серед ЗПРК використовуються мобільні кормозмішувачі «DeLaval» (Швеція), змішувачі кормороздавачі модельного ряду Verti Mix (Германія). Проте, як показує аналіз табл. 1 і табл. 2, реалії господарської практики часто не підтверджують цього припущення. З наведених даних (табл. 2) видно, що ця залежність спростовується, оскільки не завжди в районах, і відповідно господарствах, які задовільно або ж добре забезпечені засобами для приготування і роздавання кормів отримані високі середні надії молока.

2. Чисельність корів та валовий надій молока від них за 2012 рік.

№ п.п.	Назва району (населеного пункту)	Чисельність корів на початок року	Валовий надій молока від них, ц	Середній надій на середнє поголів'я, кг
1.	Баришівський	707	37492	5356
2.	Білоцерківський	5254	340245	6485
3.	Богуславський	809	38451	4974
4.	Бориспільський	1894	94304	6243
5.	Бородянський	754	33009	4610
6.	Броварський	793	22035	3400
7.	Васильківський	1064	64026	5577
8.	Володарський	1822	102517	5581
9.	Вишгородський	162	0	0
10.	Згурівський	3855	309793	9027
11.	Іванківський	430	799	2159
12.	Кагарлицький	2290	91508	3906
13.	Києво-Святошинський	1807	105059	5732
14.	Макарівський	1837	78198	4722
15.	Миронівський	1504	97276	6635
16.	Обухівський	1866	101589	5173
17.	Переяслав-Хмельницький	1168	42341	5011
18.	Рокитнянський	1652	97138	841
19.	Сквирський	1838	88381	4926
20.	Ставищенський	1160	68299	5996
21.	Таращанський	1032	47770	4452
22.	Тетіївський	2457	147766	6076
23.	Фастівський	810	36934	4634
24.	Яготинський	1365	54993	4068
Всього		38366	2100503	5776

Для прикладу можна назвати Бориспільський та Богуславський райони, де високі або ж середні надої не відповідають показникам забезпечення ЗПРК. Розглянемо схему забезпеченості молочного скотарства технічними засобами для представлених районів: Бориспільський (СНСП→6243кг; ММПК→3шт.; РК→6шт.), Богуславський (СНСП→4974кг; ММПК→0шт.; РК→9шт.). Разом з тим, у Багуславському районі, при відсутності машин та механізмів для приготування кормів (згідно статистичної інформації [3]), в ТОВ «Шупики» добре зарекомендували себе змішувачі два кормороздавачі модельного ряду Verty Mix, які ефективно використовуються в на фермах ВРХ в господарстві. Дещо інша картина в Кагарлицькому районі (СНСП→3906кг; ММПК→14шт.; РК→37шт.). По забезпеченості ММПК та РК район посідає друге місце в області, а середні надої складають лише 67,6% від середніх по області. Як показують дослідження, ринок засобів для приготування і роздавання кормів в Україні, особливо в останні роки, вважається одним з найперспективніших в сільському господарстві. Потенціал зростання попиту на ЗПРК дуже високий, що приваблює в Україну велику кількість найбільших іноземних виробників. На сьогоднішній день вітчизняне машинобудування починає налагоджувати випуск сучасних засобів для приготування і роздавання кормів. які приходять на зміну фізично і морально зношеним машинам і механізмам для приготування кормів та роздавачам кормів. Виробництво сучасних ЗПРК машин вже розпочато на підприємствах нашої держави: ВАТ «Брацлавський завод сільськогосподарських машин», ВАТ «Уманьферммаш» та ВАТ «Галещина Машзавод».

Основними передумовами розвитку ринку ЗПРК є: великі можливості збільшення поголів'я худоби, включаючи ВРХ; зростання надоїв молока та приростів живої маси; малопродуктивний та малочисельний існуючий парк машин та обладнання для приготування і роздавання кормів та його низька готовність до проведення робіт; технічна та технологічна модернізація підприємств сільськогосподарського машинобудування; впровадження сучасних ресурсо- та енергозберігаючих технологій в тваринництві; зростання інвестицій в тваринницьку галузь; державна підтримка сільськогосподарських підприємств, виключно у виробництві молока.

Висновок. Таким чином, нами проведено дослідження з уточнення забезпеченості молочного скотарства Київської області машинами і механізмами для приготування кормів та роздавачам кормів. Ефективність галузі підтверджується середніми надоями на середнє поголів'я та забезпеченістю відповідним парком машин.

Перспективними в цьому напрямку могли б бути дослідження, які направлені на забезпечення надійності ЗПРК, що використовується у молочному скотарстві та розвитку інфраструктури підприємств технічного сервісу для їх обслуговування.

Список літератури

1. Бойко А.І. Сучасні проблеми забезпечення надійності машин для приготування і роздавання кормів / А.І. Бойко, А.В. Новицький // Вісник ХНТУСГ. – Х., 2010. – Вип. 100. – С. 119–126.
2. Національний проект «Відроджене скотарство». – К.: ДІА, 2011. – 44 с.
3. Наявність сільськогосподарської техніки і енергетичних потужностей у сільському господарстві Київської області на 1 січня 2013 року. Статистичний бюлетень / Відповідальна за випуск М.Г. Лисак. – К.: Головне управління статистики у Київській області, 2013. – 52 с.
4. Ревенко І.І. Шляхи удосконалення агрегатів для приготування і роздавання кормів рогатій худобі / І.І. Ревенко, В.С. Хмельовський, Д.Ю. Белік // Вісник ХНТУСГ. – Х., ХНТУСГ, 2010. – Вип. 95 «Сучасні проблеми вдосконалення технічних систем і технологій у тваринництві». – С. 250–258.
5. Смоляр, В. Фермський комбайн – універсальний технічний засіб / В. Смоляр, С. Постельга, Л. Кириченко, Ю. Калітинський // Техніка АПК. – 2007. – № 10. – С. 34–35.
6. Стан тваринництва у господарствах Київської області у 2012 році. Статистичний бюлетень / Відповідальна за випуск М.Г. Лисак. – К.: Головне управління статистики у Київській області, 2012. – 126 с.
7. Шацький В.В. Підвищення якості функціонування механізованих процесів приготування кормів на молочних фермах: автореф. дис. на здобуття наук. степеня доктора техн. наук: 05.05.11 «Машини та засоби механізації с.-г. виробництва» / Шацький Віктор Васильович. – Глеваха, 2004. – 43 с.

В статье проведён анализ технической обеспеченности молочного скотоводства средствами для приготовления и раздачи кормов. Сформированы предпосылки развития отечественного рынка средств для приготовления и раздачи кормов.

Машина, средство для приготовления и раздачи кормов, животноводство, молочное скотоводство.

The paper analyzes the technical provision of livestock industry means to preparation and distribution of feed. Formed preconditions for development of domestic market of funds for preparation and distribution of feed.

Machine, means for preparation and distribution of feed, animal husbandry, dairy cattle.

ПРОЦЕС ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ОЧИЩЕННЯ ВОРОХУ КОРЕНЕПЛОДІВ

*М.Р. Паньків, кандидат технічних наук
Тернопільський національний технічний університет
імені Івана Пулюя*

Викладено аналіз і загальні принципи побудови та застосування комбінованого очисного робочого органу коренезбиральних машин.

Ворох коренеплодів, домішки, інтенсифікація, еліпсні шнеки, очисні елементи.

Постановка проблеми. Основними конструктивно-технологічними критеріями, які характеризують незадовільну ефективність використання існуючих коренезбиральних машин (КМ), особливо в екстремальних умовах збирання, є ступінь якості очищення викопаного вороху коренеплодів (ВК) від домішок залежно від фізичного стану ґрунту, забур'яненості посівів тощо [1].

Основна складність очищення ВК, який викопується із ґрунтово-коренеплідного середовища копачами КМ, функціонально пов'язана з необхідністю відокремлення різних за своїми фізико-механічними станами та властивостями ґрунтових і рослинних домішок, які перебувають відносно коренеплодів у вільному та зв'язаному станах. Значне варіювання умов роботи КМ і недостатнє пристосування існуючих конструкцій очисних робочих органів до цих змін не дозволяють отримувати необхідних стійких агротехнічних показників якості роботи згідно до агротехнічних вимог [2].

Підвищення технічного рівня КМ залишається особливо актуальною проблемою в плані подальшого розвитку техніки для збирання коренеплодів, розвиток і виробництво якої в Україні за останні роки практично припинили.

Аналіз останніх досліджень. Одним з шляхів підвищення процесу інтенсифікації очищення ВК від домішок є розробка та впровадження у виробництво комбінованих очисних систем (КОС), технологічний процес роботи яких побудовано на основі надання компонентам ВК знакоперемінного осцилюючого руху під час його переміщення по робочих органах КОС з одночасним відокремленням налиплого ґрунту на поверхні тіла коренеплодів.

Існуючі КОС [3, 4 та ін.] у загальному контексті не у змозі одночасно виконувати ці технологічні операції, а запропоновані нами

удосконалені конструкції КОС мають специфічні функціональні властивості, що і зумовило проведення подальших досліджень.

Мета досліджень – підвищення показників якості роботи КМ шляхом інтенсифікації процесу відокремлення домішок від ВК.

Результати досліджень. Для подальшого аналізу КОС було розглянуто конструктивно-технологічні аспекти основних робочих органів очисників ВК, як базових структурних елементів побудови удосконалених КОС. За конструктивним виконанням найбільше розповсюдження під час розробки та побудови конструктивних схемах КМ знайшли транспортерні, роторні, шнекові та комбіновані очисники ВК.

Викопаний копаками КМ ВК – це різноструктурований матеріал або середовище, складовими компонентами якого є коренеплоди та домішки, при цьому складовими компонента домішок є ґрунтові та рослинні домішки, які в свою чергу складаються з вільних домішок (вільний ґрунт і вільні рослинні домішки, до яких відносяться втрачена під час збирання гичка та бур'яни) і зв'язаних з коренеплодами домішок (налиплий ґрунт на підземній частині тіла коренеплодів та залишки гички на головках коренеплодів. За своєю агробіологічною будовою складові компоненти ВК мають різні фізико-механічні і агробіологічні властивості та формують багатогранне, або складне робоче реологічне середовище «коренеплід-домішки-очисник вороху», при цьому особливості структури даного середовища мають істотний і суттєвий вплив на основні показники технологічного процесу відокремлення домішок від коренеплодів робочими органами очисників [5].

Значна наявність різних за своєю структурою компонувальних схем і робочих органів очисників ВК та створених на їх базі КОС, які відрізняються один від одного не тільки конструктивними критеріями, але й принципом дії або способом відокремлення домішок, регламентується наявністю різноскладових компонентів домішок ВК, які різноманітні за своїм фракційним складом і фізичним станом.

Транспортерні, роторні та шнекові очисники розташовують безпосередньо за викопувальними робочими органами або в середній частині технологічної схеми КМ. Вони, як правило, здійснюють "агресивне" очищення ВК, коли від коренеплодів відділяється основна маса ґрунту. КОС розташовують в кінці технологічного процесу очищення ВК, тобто вже безпосередньо перед фазою завантаження коренеплодів в бункер машини або в технологічний транспорт. Їх функціональне призначення – кінцеве доочищення вороху коренеплодів і до них висуваються особливі умови, а саме максимальне відокремлення залишкових домішок при мінімізації пошкоджень і втрат коренеплодів.

Найбільшого поширення набули шнекові очисники ВК завдяки їх універсальності. Із варіантів конструкцій шнекових очисників можна виділити два основних: очисники з подовжнім і поперечним рухом ВК. Повздовжні шнекові очисники (рис. 1.) забезпечують очищення і транспортування коренеплодів у напрямку осі обертання і характеризуються протилежним напрямком навівання та обертання спіралей, але мають невеликий очисний ефект.



Рис. 1. Загальний вигляд повздовжніх шнекових очисників ВК.

Поперечні шнекові очисники (рис. 2) застосовуються в багаторядних КМ, їх особливістю є те, що вали обертаються в одному напрямку, а спіралі виготовляються з різним напрямком навівання. Шнеки, які розташовані за викопувальними робочими органами, забезпечують розведення ВК до периферії валів, а задній блок шнеків зводить потік коренеплодів у зону вивантаження.

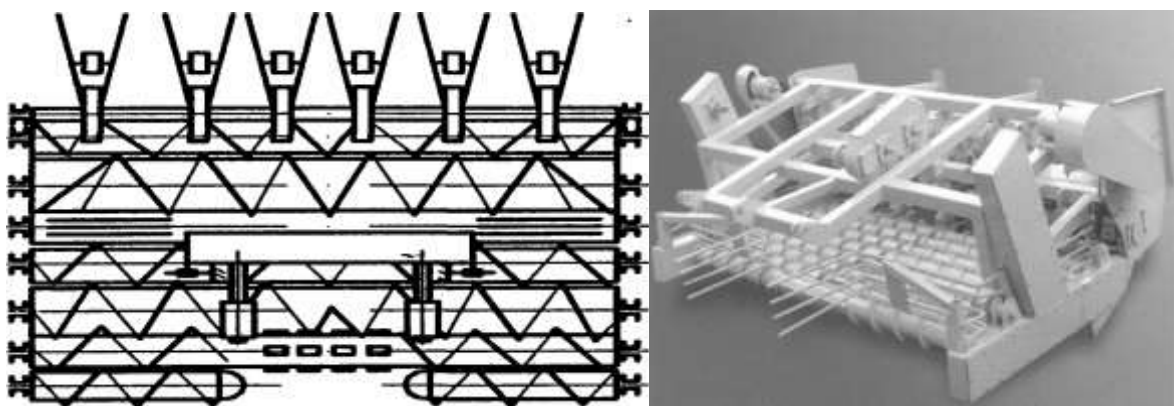


Рис. 2. Загальний вигляд поперечних шнекових очисників ВК.

Шнекові робочі органи очищають і транспортують коренеплоди в напрямку осі обертання або перпендикулярно до неї. До переваг таких очисників ВК можна віднести простоту конструкції, можливість суміщення в одному робочому органі функцій очищення й

транспортування. Основними недоліками є «залипання» шнеків ґрунтом у вологих умовах, що значно знижує показники якості процесу відокремлення домішок ВК, а також значні пошкодження коренеплодів під час безпосередньої взаємодії з рифом шнека, ймовірність чого збільшується в процесі збирання коренеплодів на ґрунтах вологістю 15 % і менше. Із підвищенням вологості до 26% шнеки втрачають працездатність.

Для інтенсифікації процесу розмежування та відокремлення домішок від коренеплодів запропоновано застосовувати КОС, які являють собою комбінації транспортерних і шнекових очисних робочих органів (рис. 3) та застосовуються залежно від конкретних функцій очисних пристроїв, умов роботи, а також для регулювання ступеня агресивної дії очисних поверхонь на коренеплоди.

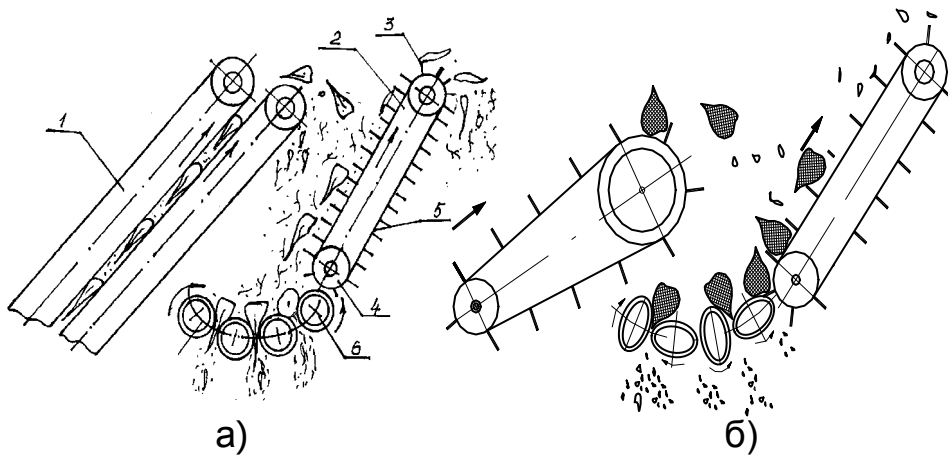


Рис. 3. Схеми КОС ВК з шнековими робочими органами: а – круглого перерізу; б – із еліптичними шнеками.

КОС (рис. 3,а) є поєднанням завантажувального транспортера 1 і очисної гірки 2 з пальчиковою поверхнею. У нижній частині очисної гірки розміщено транспортно-очисні органи, які виконано у вигляді системи поздовжніх шнеків 6, осі яких знаходяться на нижній вітці еліпса. Шнеки виконані круглого перерізу на відміну від двох пар еліптичних шнеків (рис. 3,б).

Недоліком наведеної КОС (рис. 3,а) є незадовільна якість очищення ВК в умовах надмірної вологості ґрунту – шнеки залипають вологим ґрунтом і втрачають свою спроможність ефективно просіювати в зазори між шнеками домішки.

За рахунок надання ВК вертикального осцилюючого руху при його поздовжньому переміщенні над еліптичними шнеками (рис. 3,б) відбувається значна інтенсифікація процесу відокремлення домішок від коренеплодів, але основним загальним недоліком наведених КОС є незадовільне відокремлення налиплого ґрунту з поверхні тіла коренеплодів.

Для усунення цього недоліку нами запропоновано комбінований еліпно-щітковий очисник ВК, конструктивну схему якого наведено на рис. 4 [6].

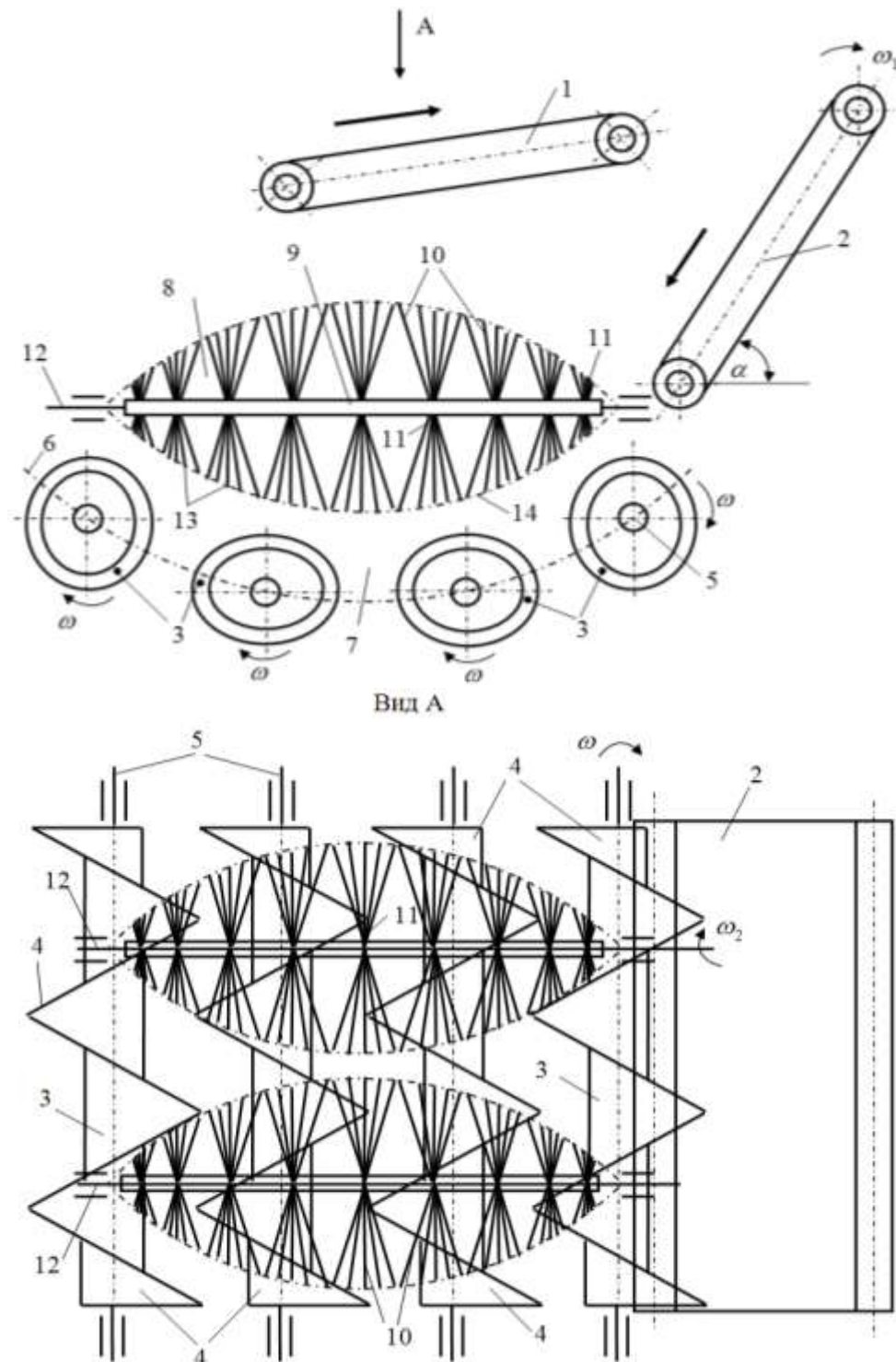


Рис. 4. Конструктивна схема комбінованого еліпно-щіткового очисника ВК.

Комбінований еліпно-щітковий очисник ВК складається з завантажувального транспортера 1, очисної гірки 2, яка встановлена

під кутом α до горизонту і обертається з кутовою швидкістю ω_1 . У нижній частині сходу очисної гірки 2 розміщено систему еліпсних шнеків 3, які мають спіральні рифи 4. Осі 5 обертання еліпсних шнеків 3 знаходяться на нижній вітці еліпса 6 та які утворюють простір жолоба робочого русла 7. У просторі жолоба робочого русла 7 та зверху над системою шнеків 3 горизонтально встановлено приводні вали 8, на барабані 9 яких розміщено очисні пружні елементи 10, набрані з пучків ворсу 11. Осі 12 приводних валів 8 встановлено поперечно відносно осей 5 обертання системи еліпсних шнеків 3. Приводні вали мають односторонній напрямок обертання з кутовою швидкістю ω_2 . Нижні торці 13 очисних пружних елементів 10, розміщених на барабані 9 приводних валів 8, утворюють вздовж осі 12 обертання кожного приводного вала 8 нижню гілку 14 еліпса. Напрямок обертання очисних пружних елементів 10 протилежний напрямку руху спіральних рифів 4 системи еліпсних шнеків 3.

Комбінований еліпно-щітковий очисник ВК працює наступним чином. Викопаний ворох коренеплодів подається завантажувальним транспортером 1 і очисною гіркою 2 у простір жолоба робочого русла 7 на систему еліпсних шнеків 3, при цьому домішки проходять в зазор між робочою поверхнею системи еліпсних шнеків 3 і нижніми торцями 13 очисних пружних елементів 10. Коренеплоди, переміщуючись вздовж осей 3 обертання системи еліпсних шнеків 3, за рахунок контакту з очисними пружними елементами 10 очищуються від налиплого на їх поверхні ґрунту та рослинних домішок шляхом обертальних рухів приводних горизонтальних валів 8 і системи еліпсних шнеків 3, а домішки просіюється в зазор між системою еліпсних шнеків 3. Очищені коренеплоди спіральними рифами 4 системи еліпсних шнеків 3 подаються далі.

Висновок. Таким чином, за рахунок встановлення горизонтальних приводних валів 8 з очисними пружними елементами 10 над системою еліпсних шнеків 3, відбувається значне підвищення ступеня відокремлення налиплого ґрунту та рослинних домішок з поверхні тіла коренеплодів за рахунок процесу інтенсифікації очищення ВК від домішок.

Список літератури

1. Барановський В.М. Механіко-технологічні основи розробки адаптованих коренезбиральних машин : дис...доктора техн.. наук : Барановський Віктор Миколайович. – Тернопіль, 2013. – 401 с.
2. Паньків М.Р. Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів гвинтово-еліпсного очисника коренезбиральних машин : дис...канд. техн. наук : Паньків Марія Романівна. – Тернопіль, 2003. – 235 с.
3. Булгаков В.М. Теория свеклоуборочных машин : монография / В.М. Булгаков, М.И. Черновол, Н.А. Свирень. – Кировоград: КОД, 2009. – 256 с.

4. Свеклоуборочные машины. Конструирование и расчет / [Погорелый Л.В., Татьяна Н.В., Брей В.В. и др.] ; под ред. Л.В. Погорелого. – К.: Техніка, 1983. – 168 с.
5. Машины для свекловодства / А.Г. Цымбал, Н.В. Татьяна, В.С. Басин [и др.]. – М.: Машиностроение, 1976. – 368 с.
6. Патент 80480 Україна, МКИ⁷ А 01 Д 33/08. Комбінований очисник вороху коренеподів / О.О. Труханська, В.М. Барановський, М.Р. Паньків, Н.А. Дубчак, В.Р. Паньків; заявник і патентовласник Вінницький національний аграрний університет. – № у 201300268; заявл. 08.01.2013; опубл. 27.05.2013. Бюл. № 10.

Изложено анализ и общие принципы построения и использования комбинированного очистительного рабочего органа корнеуборочных машин.

Ворох коренеплодов, примеси, интенсификация, эллипсные шнеки, очистительные элементы.

An analysis and general principles of construction and use of combined cleansing working organ of machines is expounded for cleaning up of root crops.

Lots of root crops, admixtures, intensification, ellipse valcy cleansing elements.

УДК 621.548

СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВІТРОЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ

В.М. Поліщук, кандидат технічних наук

Проаналізована структура виробництва електроенергії в Україні. Розглянутий стан розвитку вітроенергетики з 2010 р. та його майбутні перспективи. Наведена характеристика всіх існуючих на Україні вітроелектростанцій і вітропарків.

Вітер, паливно-енергетичний комплекс, вітроелектростанція, вітропарк, вітроагрегат.

Постановка проблеми. Однією з найважливіших проблем людства є енергетична проблема. Інтенсивна експлуатація мінеральних ресурсі призвела до виснаження їх родовищ, в результаті чого розвіданих запасів рідкої нафти на нашій планеті вистачить на 45 років, природного газу – на 60 років. Рівень видобутку урану вже недостатній для забезпечення паливом усіх функціонуючих

© В.М. Поліщук, 2014

4. Свеклоуборочные машины. Конструирование и расчет / [Погорелый Л.В., Татьяна Н.В., Брей В.В. и др.] ; под ред. Л.В. Погорелого. – К.: Техніка, 1983. – 168 с.
5. Машины для свекловодства / А.Г. Цымбал, Н.В. Татьяна, В.С. Басин [и др.]. – М.: Машиностроение, 1976. – 368 с.
6. Патент 80480 Україна, МКИ⁷ А 01 Д 33/08. Комбінований очисник вороху коренеподів / О.О. Труханська, В.М. Барановський, М.Р. Паньків, Н.А. Дубчак, В.Р. Паньків; заявник і патентовласник Вінницький національний аграрний університет. – № у 201300268; заявл. 08.01.2013; опубл. 27.05.2013. Бюл. № 10.

Изложено анализ и общие принципы построения и использования комбинированного очистительного рабочего органа корнеуборочных машин.

Ворох коренеплодов, примеси, интенсификация, эллипсные шнеки, очистительные элементы.

An analysis and general principles of construction and use of combined cleansing working organ of machines is expounded for cleaning up of root crops.

Lots of root crops, admixtures, intensification, ellipse valcy cleansing elements.

УДК 621.548

СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВІТРОЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ

В.М. Поліщук, кандидат технічних наук

Проаналізована структура виробництва електроенергії в Україні. Розглянутий стан розвитку вітроенергетики з 2010 р. та його майбутні перспективи. Наведена характеристика всіх існуючих на Україні вітроелектростанцій і вітропарків.

Вітер, паливно-енергетичний комплекс, вітроелектростанція, вітропарк, вітроагрегат.

Постановка проблеми. Однією з найважливіших проблем людства є енергетична проблема. Інтенсивна експлуатація мінеральних ресурсі призвела до виснаження їх родовищ, в результаті чого розвіданих запасів рідкої нафти на нашій планеті вистачить на 45 років, природного газу – на 60 років. Рівень видобутку урану вже недостатній для забезпечення паливом усіх функціонуючих

© В.М. Поліщук, 2014

атомних електростанцій. Світових запасів вугілля дещо більше: їх вистачить більш ніж на 200 років видобування, проте його спалювання пов'язано із значним забрудненням навколишнього середовища. На Україні запасів нафти власного видобутку вистачає лише на 18% від потреби. Природного газу Україна щорічно споживає понад 50 млрд. м³, із яких 20,1 млрд. м³ власного видобутку, тобто близько 35%. Запасів палива для ядерних реакторів у Україні приблизно на 100 років використання, проте після аварії на Чорнобильській АЕС, до атомної енергетики відносяться досить обережно. Лише запаси вугілля в Україні досить значні (їх вистачить на 600 років видобутку), тому теплові електростанції зараз переводяться з природного газу на вугілля. Однак вугілля вважається найбруднішим з усіх викопних палив. Особливо небезпечний канцерогенний ізотоп вуглецю, який у великих кількостях утворюється при спалюванні вугілля [1].

В ПЕК Україні в даний час працюють 42 крупні (потужністю понад 20 МВт) ТЕС і ТЕЦ загальною потужністю 31,3 тис. МВт (загальна потужність всіх ТЕС і ТЕЦ України становить 33,89 тис. МВт), 4 АЕС (Рівненська, Південноукраїнська, Запоріжська та Хмельницька) загальною потужністю 13,835 тис. МВт та 12 крупних та середньої потужності ГЕС та ГАЕС загальною потужністю 5,3 тис. МВт [2]. Більшість вітчизняних ТЕС і ТЕЦ працюють на вугіллі, хоча деякі спалюють природний газ (Київські ТЕЦ-5 та ТЕЦ-6, Харківська ТЕЦ-5, Львівська, Одеська, Кременчуцька, Херсонська) або мазут (Білоцерківська). Всі крупні вітчизняні ТЕС, ТЕЦ, АЕС, ГЕС і ГАЕС (крім Ташлицької) були побудовані ще до отримання Україною незалежності.

Згідно [3], перевагою українського ПЕК є достатні запаси вугілля та складових ядерного палива: урану і цирконію. Однак, зважаючи на високу вартість імпортного природного газу і мазуту, виробленого із імпоротної сировини, важкі наслідки для екології довкілля, викликані викидами в атмосферу шкідливих речовин при спалюванні вугілля і мазуту, величезними затратами коштів та людськими жертвами при ліквідації аварії на ЧАЕС, частину енергії в Україні можна отримувати із відновлюваних джерел: річок, сонця, вітру. Національною енергетичною програмою передбачається збільшення ресурсів електроенергії та теплоенергії за рахунок використання нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії, в тому числі і енергії вітру [4].

Аналіз останніх досліджень. Проблемам розвитку вітроенергетики в Україні присвячено ряд робіт. В роботі [5] вказано, що вітроустановки найбільш доцільно застосовувати в регіонах України із середньою швидкістю вітру 5 м/с і більше. Сюди відноситься Азово-Чорноморське узбережжя в Одеській,

Херсонській, Запорізькій, Донецькій, Луганській, Миколаївській областях, АР Крим та район Карпат. Наведений потенціал енергії вітру в різних регіонах України. Проаналізований стан вітроенергетики України на кінець 2009 р. В роботах [6; 7] проаналізовано технічну оснащеність ВЕС України, вказано, що на 2011 р. загальна потужність вітчизняних ВЕС становила 151 МВт. Згідно [8], до 2025 р. існує можливість доведення загальної потужності ВЕС України до 16 ГВт.

Мета досліджень. Разом із тим, вітроенергетика в Україні розвивається досить активно. З часу проведення останніх досліджень стану вітроенергетики в Україні її потужності подвоїлись. Запускається в експлуатації як окремі ВЕС, так і цілі вітропарки, які оснащуються самою сучасною технікою. Тому метою наших досліджень є аналіз стану та перспектив розвитку вітроенергетики України за протягом кількох останніх років.

Результати досліджень. Починаючи з 2010 р. загальна потужність вітчизняних ВЕС зросла більш ніж в чотири рази (з 87, 5 МВт до 371 МВт). Найбільше потужностей було введено протягом 2011 р. – 171,5 МВт. В минулому році запущено в експлуатацію 96 МВт потужностей ВЕС.

З 2011 р. електроенергію виробляють Ботіївська ВЕС в Запорізькій обл., вітропарк "Новоазовський" в Донецькій обл., Очаківська ВЕС в Миколаївській обл., Новоросійська ВЕС на Херсонщині, з 2012 р. – Тузлівська ВЕС в Миколаївській обл. Протягом 2013 р. введено а дію Краснодонську і Лутугінську ВЕС в Луганській обл. та Останінську ВЕС в АР Крим.

На кінець 2013 р. в Україні функціонує 18 вітроелектростанцій, які за рік виробили 630 млн. кВт·год електроенергії, що становить 0,33% від загального виробництва електроенергії в країні.

Інформація щодо вітроелектростанцій, які функціонують в Україні, наведена в табл. 1. Також експлуатується понад 10 вітроагрегатів Т 600-48 одиничною потужністю 600 кВт [1]. Починаючи з 2010 р. нові вітчизняні ВЕС комплектуються сучасними вітроагрегатами «Fuhrlander AG» одиничною потужністю 2,5 МВт, які збираються в Краматорську, а також V-112 одиничною потужністю 3 МВт датської компанії VESTAS [9; 10].

До кінця 2014 р. заплановано виведення Ботіївської ВЕС на проектну потужність [11]. Потужність вітропарку "Очаківський" планується довести до 125 МВ [12]. У поточному році в Донецькій області заплановано будівництво першої черги Краматорської ВЕС потужністю 8 МВт, з установкою двох вітротурбін типу FL-2500 на вежах висотою 141 м, і однієї вітротурбіни FL-3000 потужністю 3 МВт на гібридній вежі висотою 140 метрів.

1. Інформація щодо вітроелектростанцій, які функціонують в Україні, станом на початок 2013 р.

№	Повне найменування суб'єкта господарювання, що має у користуванні об'єкт електроенергетики	Назва об'єкта відновлюваної енергетики, місце знаходження	Початок будівництва, рік	Потужність, МВт	
				Проек-на	Вста-нов-лена
1	ДП НАЕК "Енерго-атом" (ВП "Донузлавська ВЕС")	Донузлавська ВЕС, АР Крим* Судакська ВЕС, АР Крим* Чорноморська ВЕС, АР Крим*	1993	45 50 5	8,71 1,72 1,20
2	ВЕО "Вітроенергопром"	Новоазовська ВЕС, Донецька обл., Новоазовський р-н, с. Безіменне	1998	50	25,53
3	ДП "ЕТУ "Воденергоремналадка"	Сакська (Мирнівська) ВЕС, АР Крим, Сакський р-н, ур. Зольне* Прісноводненська ВЕС, АР Крим, Ленінський р-н, с. Станційне *	1996	17 25	20,23 5,27
4	Львівобленерго	Трускавецька ВЕС, Львівська обл., м. Борислав	1996	50	0,7
5	Установа "28 Управління начальника робіт"	Тарханкутська ВЕС, АР Крим*	2001	70	20
6	ДП "Кримські генеруючі системи"	Східно-Кримська ВЕС (Акташська ділянка), АР Крим, Ленінський р-н, м. Щелкіне *	2008	9,6	2,813
7	ТОВ "Сивашенергопром"	Сивашська ВЕС, Херсонська обл., Чаплинський р-н, с. Григорівка	2010	180	2,32
8	ТОВ "ВІНД ПАУЕР"	Ботіївська ВЕС, Запорізька обл., Приморський р-н	2011	200	108,0
9	ТОВ "Віндкрафт Україна"	Новоросійська ВЕС, Херсонська обл.	2011	154	6,0
10	ТОВ "Вітряний парк Новоазовський"	ВЕС, Донецька обл., Новоазовський р-н, с. Безіменне	2011	107,5	57,5
11	ТОВ "Вітряний парк Очаківський"	Дмитрівська (Очаківська) ВЕС, Миколаївська обл., Очаківського р-ну, с. Дмитрівка, с. Острівка	2011	125	37,0
12	ТОВ ВП "Керченський"	Тузлівська ВЕС, Миколаївська обл., Березанський р-н, с. Тузли	2012		12,5
13	ООО "Вітряний парк "Краснодонський"	Останінська (Казантипська) ВЕС, АР Крим, с. Останіно*	2013	100	25,0
14	ООО "Вітряний парк "Лутугінський"	Краснодонська ВЕС, Луганська обл., Краснодонський р-н, с. Верхньошевири́вка	2013	425	25,0
		Лутугінська ВЕС, Луганська обл., пмт Юрьєвка	2013	25	12,5
Всього:				371	

*знаходиться на території АР Крим, тимчасово окупованої РФ.

Подальший розвиток проекту передбачає доведення встановленої потужності вітропарку до 150 МВт. Також заплановано встановлення двох ВЕУ типу FL-2500 потужністю по 2,5 МВт на Новоазовській ВЕС. У Херсонській області в стадії реалізації знаходяться проекти з будівництва 7 ВЕС сумарною потужністю 1,371 ГВт. У 2014-2015 рр. в Миколаївській обл. планується будівництво Зоринської ВЕС (32,5 МВт), Матіасівської ВЕС (35 МВт), Тузловсько-Лиманської ВЕС (37,5 МВт); в Одеській обл. – Татарбунарської ВЕС (150 МВт), Іллічівської ВЕС (50 МВт), Біляївської ВЕС (150 МВт); в Луганській обл. – вітропарк "Лутугінський" (2 черга – 200 МВт), вітропарк "Антрацит" (1 черга – 25 МВт, 2 черга – 200 МВт), вітропарк Краснодонський (2 черга – 425 МВт) [13]. В разі доведення потужностей вітчизняних ВЕС за 10 років до запланованих 16 тис. МВт, їх доля в виробництві електроенергії в Україні може перевищити 15%.

В зв'язку із тим, що в Україні наявна велика кількість територій з високим вітропотенціалом, вітчизняні спеціалісти мають досвід проектування, будівництва і експлуатації електростанцій на базі ВЕС, а вітчизняні підприємства мають досвід серійного виробництва вітроенергетичного обладнання, наближення генерації електроенергії ВЕС до споживача зменшує собівартість передачі електроенергії і її втрати, а в Україні вітроенергетика отримує державну підтримку в рамках ряду прийнятих державних програм, в тому числі і через надання "зеленого" тарифу на електроенергію, вироблену на вітроелектростанціях.

Разом із тим, в зв'язку із тим, що економіка України знаходиться в переддефолтному стані, уряд заморозив будь-які проекти, пов'язані із капітальним будівництвом. Однак переважна більшість вітчизняних ВЕС не за державні кошти, а за кошти приватних інвесторів. Правда на деяких із цих інвесторів накладені міжнародні фінансові санкції, або вони перебувають під їх загрозою. Тому очевидно, що в найближчому майбутньому темпи введення в експлуатацію нових потужностей ВЕС дещо пригальмується.

Висновок. На кінець 2013 р. в Україні функціонує 18 вітроелектростанцій загальною потужністю 371 МВт, які за рік виробили 630 млн. кВт·год електроенергії, що становить 0,33% від загального виробництва електроенергії в країні. У випадку виконання плану доведення їх потужності до 16 ГВт протягом 10 років, доля енергії, виробленої на вітроелектростанціях, в енергобалансі України може перевищити 15%.

Список літератури

1. *Альтернативна енергетика: [навч. посібник для студ. вищ. навч. закл.] / М.Д. Мельничук, В.О. Дубровін, В.Г. Мироненко, І.П. Григорюк, В.М. Поліщук,*

- Г.А. Голуб, В.С. Таргоня, С.В. Драгнєв, І.В. Свистунова, С.М. Кухарець. – К: «Аграр Медіа Груп», 2011. – 612 с.
2. Зміни встановленої потужності ОЕС України у 2012 році / НЕК "Укренерго" [Електронний ресурс] / 2014. Режим доступу до журн.: http://www.ukrenergo.energy.gov.ua/ukrenergo/control/uk/publish/article?art_id=117896&cat_id=35061. Дата доступу: 12/01/2014.
3. *Енергетична стратегія України на період до 2030 року: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 15 березня 2006 р. №145-р.*
4. *Комплексна державна програма енергозбереження України: Постанова Кабінету Міністрів України від 5 лютого 1997 р. №148.*
5. *Поліщук В.М.* Сучасний стан та перспективи розвитку вітроенергетики / *В.М. Поліщук* // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування. – К., 2010. – Вип. 144, ч. 4. – С. 361–369.
6. *Ветроэнергетика Украины: перспективы развития на ближайшие 20 лет.* – К: ГО "Енергія майбутнього століття", 1999. – 10 с.
7. *Тарасенко С.Є.* Використання поновлюваних джерел енергії в Україні / *С.Є. Тарасенко, В.М. Поліщук, О.В. Дубровіна* // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування. – К., 2013. – Вип. 185, ч. 1. – С. 327–337.
8. *Програма розвитку вітроенергетики в Херсонській обл.* – [Затверджено рішенням XL сесії обласної ради V скликання № 1083 від 04.09.2009 р.].
9. *"Ветропарк Керченский" увеличил мощность до 10 МВт* / Информационное агенство "Интерфакс-Украина" [Електронний ресурс] / 2013. Режим доступу до журн.: <http://interfax.com.ua/news/economic/129619.html#.UT-JnEeAlEg>. Дата доступу: 12/03/2013.
10. *Конеченков А.Е.* Тенденции и барьеры в развитии возобновляемой энергетики Украины. Ветроэнергетический сектор: материалы II Международного инвестиционного форума – ["Глобальный взгляд на Причерноморье Украины"], (Севастополь, 6-7 сентября 2012 р.) / Украинская ветроэнергетическая ассоциация. 2012. – 22 с.
11. *Моргул Ю.* Ботиевская ВЭС будет самой мощной ветроэлектростанцией Украины / *Юрий Моргул* // Приазовская новь. – 2012. – 15 октября.
12. *Конеченков А.Е.* Тенденции развития ветроэнергетического сектора Украины: материалы Международной конференции – ["Investment and Trade in Renewable Energy in the Black Sea"], (Киев, 3-4 апреля 2012 р.) / Украинская ветроэнергетическая ассоциация. 2012. – 22 с.
13. *Проектирующиеся и строящиеся ветропарки* / Ветряные парки Украины [Електронний ресурс] / 2013. Режим доступу до журн.: http://wpu.com.ua/?page_id=23. Дата доступу: 12.03.2013.

Проанализирована структура производства электроэнергии в Украине. Рассмотрено состояние развития ветроэнергетики с 2010 г. и его будущие перспективы. Приведенная характеристика всех существующих на Украине ветроэлектростанций и ветропарков.

Ветер, топливно-энергетический комплекс, ветроэлектростанция, ветропарк, ветроагрегат.

The structure of electricity production in Ukraine. The state of development of wind power in 2010 and its future prospects. These characteristics all existing wind farms in Ukraine and wind parks.

Wind, fuel and energy complex, wind power generation plants, wind farm, wind turbine.

АПАРАТНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ДИНАМІКИ МЕХАНІЗМІВ ВАНТАЖОПІДЙОМНИХ КРАНІВ

***Ю.О. Ромасевич, кандидат технічних наук
В.В. Крушельницький, аспірант****

В статті наведено опис датчиків, які використовуються для визначення енергетичних, динамічних та кінематичних параметрів вантажопідйомних кранів. Описано процес тарування кожного датчика. Отримані при таруванні дані оброблені за допомогою методу лінійної регресії. Наведено статичні характеристики датчиків, які пов'язують вхідну величину датчика з сигналом на його виході. Всі отримані статичні характеристики мають коефіцієнт детермінації близький до одиниці.

Датчики, експериментальні дослідження, тарування, лінійна регресія, статична характеристика.

Постановка проблеми. При дослідженні динаміки руху механізмів машин та механізмів виникає необхідність у використанні різноманітних датчиків (сенсорів). Безпосереднє зчитування сигналів датчиків дають змогу отримати важливу інформацію про досліджувані процеси. Отримана інформація у подальшому обробляється методами статистичного аналізу та використовується для побудови або уточнення моделей тих процесів, які відбуваються у машинах та механізмах.

Для того, щоб правильно інтерпретувати інформацію з датчика необхідно виконувати його тарування. Деякі датчики не потребують тарування, оскільки його проводить фірма-виробник і надає потрібну інформацію (тарувальну таблицю або графік) у технічній характеристиці датчика. У випадку відсутності такої інформації користувачу датчика необхідно проводити тарування самостійно.

Аналіз останніх досліджень. Для проведення тарування датчиків використовують пробні вхідні змінні, величини яких наперед відомі [1-3]. Змінюючи величину змінної, зчитують сигнал, який відповідає тому або іншому її значенню. Таким чином, формують масив інформації, яка надалі потребує обробки для встановлення статичної характеристики датчика. Обробка даних виконується за допомогою методів лінійної [4] та нелінійної регресії [5].

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

© Ю.О. Ромасевич, В.В. Крушельницький, 2014

Останній метод використовується у випадку коли наперед відомо, що статична характеристика датчика нелінійна.

Мета досліджень – визначення статичних характеристик датчиків, які використовуються для проведення експериментальних досліджень динаміки механізмів вантажоіпідмних машин.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання: виконати тарування датчиків: струму, напруги, прискорення та зусилля; за допомогою методу лінійної регресії визначити статичні характеристики вказаних датчиків.

Результати досліджень. Для тарування датчика струму та напруги використано цифровий мультиметр Mastech MS8218 AC/AC+DC TRUE RMS (рис. 1).



Рис. 1. Зовнішній вигляд цифрового мультиметра Mastech MS8218 AC/AC+DC TRUE RMS.

Після тарування датчика струму (рис. 2) було знайдено рівняння його статичної характеристики (залежність, яка описує відповідність величини напруги з датчика силі струму, яка протікає у просвіті чутливого елемента датчика):

$$I = -118,51 + 19,73U_{\text{вих.}}, \quad (1)$$

де $U_{\text{вих.}}$ – величина напруги на виході датчика, В; I – сила струму, що протікає у просвіті чутливого елемента датчика, А. Залежність (1) отримана на основі регресійного аналізу даних. Коефіцієнт детермінації регресійної залежності (1) рівний 0,998.

Основні технічні характеристики мультиметра наведені в таблиці. На рис. 3 показано графік статичної характеристики датчика струму, яка описується рівнянням (1) та дані, які отримані при таруванні датчика струму.

**Технічні характеристики цифрового мультиметру
Mastech MS8218 AC/AC+DC TRUE RMS.**

Параметр	Величина
Відносна похибка вимірювання сили струму:	0,75
- у діапазоні 0-500 мА, %	
- у діапазоні 0-5 А, %	0,75
- у діапазоні до 10 А, %	1,00
Відносна похибка вимірювання змінної напруги, %	0,5
Температурний діапазон використання пристрою, °С	0-30
Відносна вологість використання пристрою, %	0-80



Рис. 2. Тарування датчика струму.

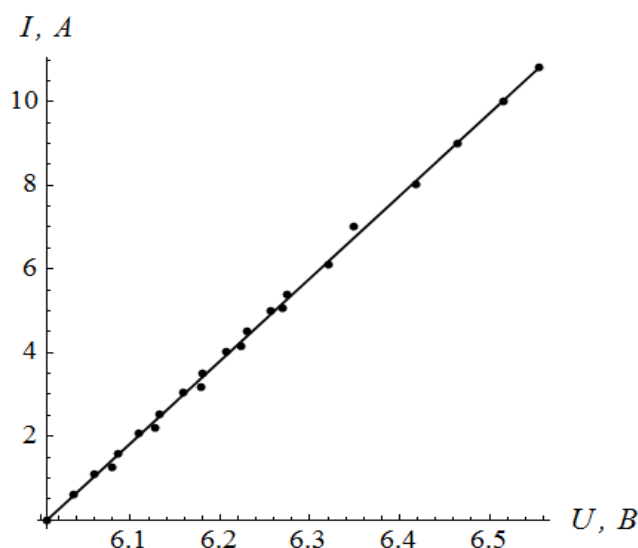


Рис. 3. Графік статичної характеристика датчика струму, яка описується рівнянням (1) та дані, які отримані при таруванні датчика струму.

Тарування датчика напруги, який побудований за схемою подільника напруги, виконувалось подібно до тарування датчика

струму (рис. 4). Для збільшення точності та розширення діапазону вимірювань датчик напруги має три канали.

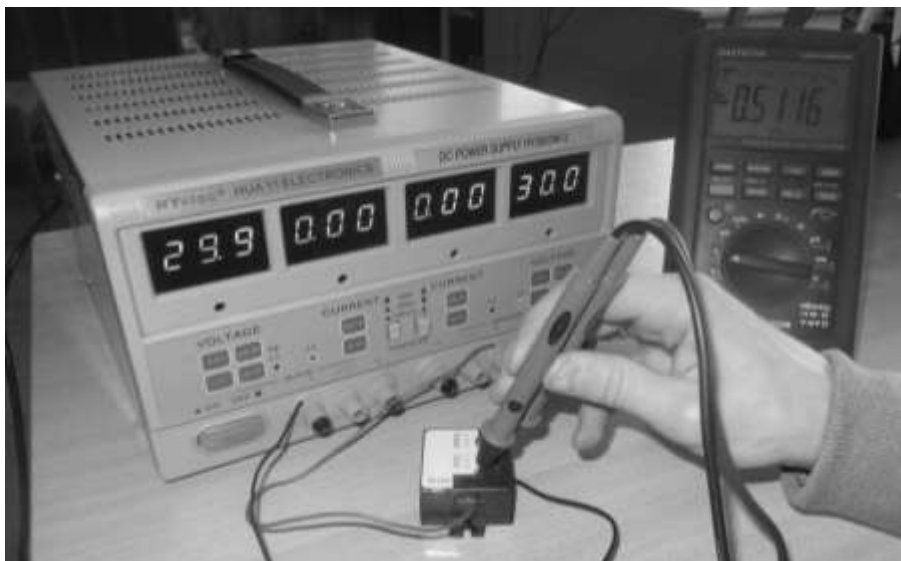


Рис. 4. Тарування датчика напруги.

Відношення опорів у кожному з каналів різне. Це дає змогу підібрати напругу на виході датчика таким чином, щоб забезпечити достатньо високу точність вимірювань при варіації рівня вхідної напруги. При виборі каналу, по якому виконується вимірювання напруги, необхідно враховувати максимальне значення вхідної напруги пристрою ADA-1406, на аналогові входи якого надходять сигнали з датчика. Якщо при вимірюванні напруги максимальне значення вихідної напруги одного з каналів датчика більше ніж максимально допустима напруга пристрою ADA-1406, то необхідно переключитись на менш чутливий канал датчика.

Статичні характеристики для датчика напруги, які отримані на основі регресійного аналізу отриманих при таруванні даних, наведені нижче:

$$U_{\text{вх}} = \begin{cases} 1,19 + 23,01U_{\text{вих.1}}, & \text{для першого каналу датчика;} \\ 1,08 + 49,37U_{\text{вих.2}}, & \text{для другого каналу датчика;} \\ 1,28 + 112,32U_{\text{вих.3}}, & \text{для третього каналу датчика,} \end{cases} \quad (2)$$

де $U_{\text{вих.1}}$, $U_{\text{вих.2}}$, $U_{\text{вих.3}}$ – вихідна напруга на першому, другому та третьому каналах датчика відповідно, В; $U_{\text{вх}}$ – напруга на вході датчика, В. Графіки функцій (2) наведені на рис. 5.

Коефіцієнт детермінації для всіх рівнянь (2) рівний 0,9998.

Для тарування датчика зусилля використовувалась гідравлічна лабораторна установка для досліджень розриву зразків металу (рис. 6). На основі даних, які отримані при таруванні тензометра, було знайдено статичну характеристику датчика (рівняння регресії), яке

пов'язує зусилля, що прикладається для розтягування датчика, та напругу на виході датчика (рис. 7).

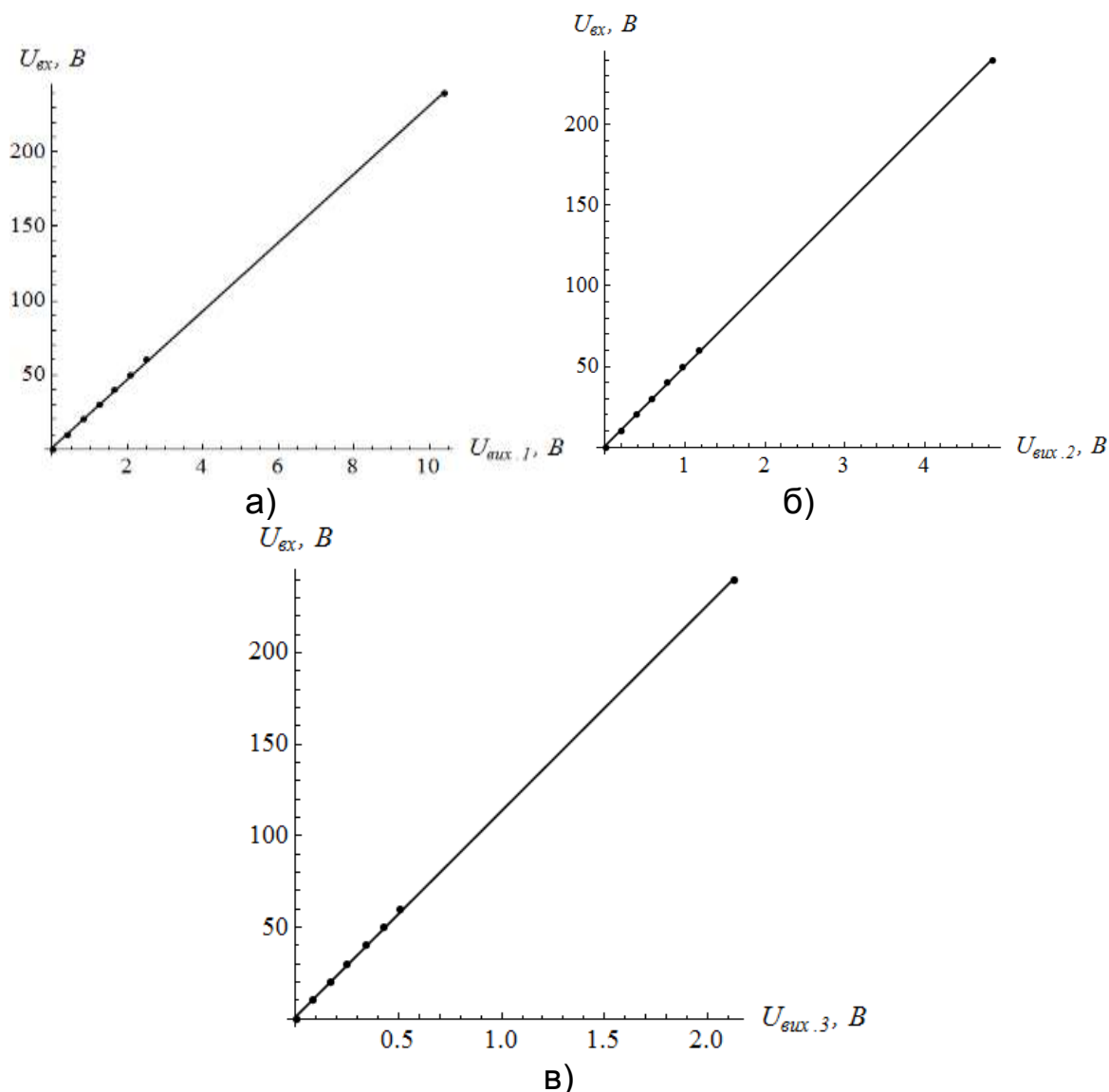


Рис. 5. Графіки статичних характеристик датчика напруги, які описуються рівняннями (2) та дані, які отримані при таруванні датчика напруги: а) для першого каналу; б) для другого каналу; в) для третього каналу.

Рівняння статичної характеристики має такий вигляд:

$$F = 35 + 4686U_{вх}, \quad (3)$$

де F – зусилля розтягу, яке прикладається до S-подібного тензометричного датчика, Н; $U_{вх}$ – напруга на виході датчика, В.

Коефіцієнт детермінації рівняння (3) рівний 0,99991.

Для тарування акселерометра (рис. 8) використано цифровий мультиметр Mastech.



Рис. 6. Тарування датчика зусилля.

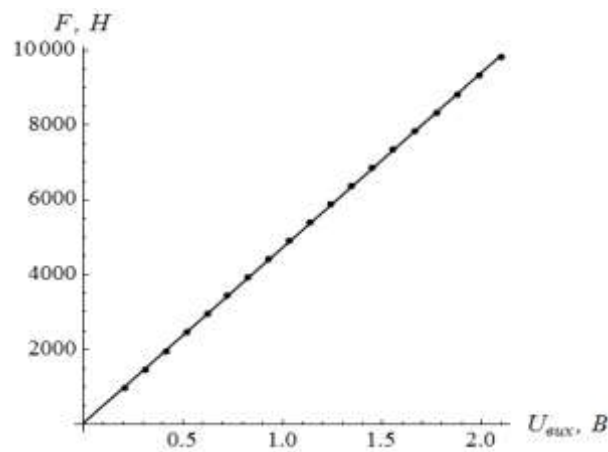


Рис. 7. Графік статичної характеристики тензометра (3) та дані, які отримані при його таруванні.



Рис. 8. Тарування акселерометра.

По вертикальній осі координат (z -осі) чутливого акселерометра діє прискорення вільного падіння g , а по іншим координатним осям

(х- та у-осям) у стані спокою прискорення відсутнє. Сигнали у каналах, які відповідають осям х та у, рівні 1,65 В. У каналі, який відповідає z-осі (вертикальна вісь) акселерометра, напруга рівна 2,44 В. При повертанні датчика на 180 градусів відносно z-осі (на чутливий елемент датчика тепер діє прискорення $-g$) напруга у каналі, який відповідає z-осі, стає рівною 0,9 В.

Таким чином були отримані напруги на виході датчика, які відповідають прискоренням $-g$, 0 та g . За цими даними отримана статична характеристика датчика:

$$a = -21,16 + 12,74U_{вих}, \quad (4)$$

де a – прискорення, яке діє по z-осі акселерометра, м/с^2 ; $U_{вих}$ – напруга на виході датчика, В.

Графік рівняння (4) наведено на рис. 9. Коефіцієнт детермінації рівняння (4) рівний 0,9996. Для того, щоб визначити статичні характеристики для каналів датчика, які відповідають іншим осям, було проведено аналогічне тарування. Встановлено, що статична характеристика (4) справедлива для всіх декартових осей датчика.

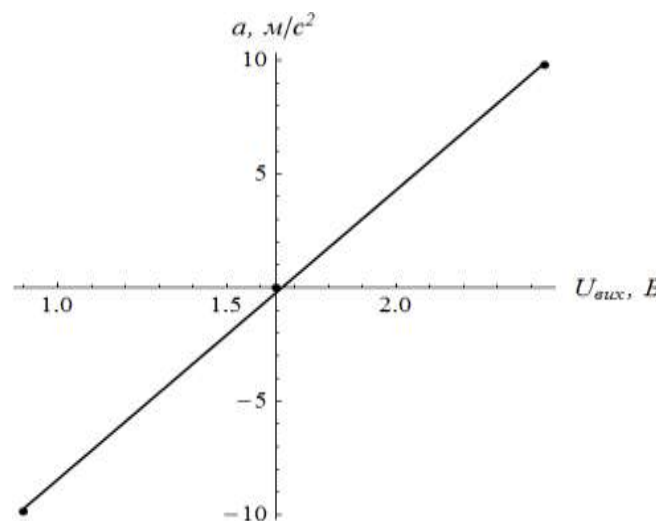


Рис. 9. Графік статичної характеристики акселерометра (4) та дані, які отримані при його таруванні.

Висновок. У даній роботі визначені статичні характеристики датчиків: струму, напруги, зусилля та прискорення. Статичні характеристики отримані за допомогою методу лінійної регресії. Коефіцієнти детермінації всіх залежностей близькі до одиниці, що означає досить точне відображення реальних даних. Статичні характеристики датчиків використовуються для обробки експериментальних даних (для встановлення характеру зміни вимірюваних параметрів). Всі отримані статичні характеристики описуються лінійними залежностями, що значно спрощує обробку експериментальних даних.

Список літератури

1. Коробко М.М. Обґрунтування параметрів та режимів руху пруткових конвеєрів бурякозбиральних машин: дис. канд техн. наук: 05.05.11 / Коробко Микола Миколайович. – К., 2007. – 209 с.
2. Кулик В.П. Обґрунтування параметрів та режимів руху пруткових конвеєрів бурякозбиральних машин: дис. канд техн. наук: 05.05.11 / Кулик Василь Петрович. – К., 2013. – 196 с.
3. Почка К.І. Розробка та аналіз роликової формувальної установки з рекупераційним приводом: дис. канд техн. наук: 05.05.02 / Почка Костянтин Іванович. – К., 2008. – 188 с.
4. Дейпер Н. Прикладной регрессионный анализ. Кн. 1 / Н. Дейпер, Г. Смит. [пер. с английского Ю.П. Адлер, В.Г. Горский]. – [2-е изд., перераб. и доп.]. – М.: Финансы и статистика. 1987. – 366 с.
5. Демиденко Е.З. Линейная и нелинейная регрессии / Е.З. Демиденко. – М.: Финансы и статистика, 1981. – 303 с.

В статье приведено описание датчиков, которые используются для определения энергетических, динамических и кинематических параметров грузоподъемных кранов. Описан процесс тарирования каждого датчика. Полученные при тарировании данные обработаны с помощью метода линейной регрессии. Приведено статические характеристики датчиков, которые связывают входную величину датчика с сигналом на него выходе. Все полученные статические характеристики имеют коэффициент детерминации близкий к единице.

Датчики, экспериментальные исследования, тарировка, линейная регрессия, статическая характеристика.

The paper describes the sensors that are used to determine energy, dynamic and kinematic parameters of hoisting cranes. It describes how to calibrate each sensor. The obtained data are processed with calibrating method using linear regression. In paper showed static characteristics of sensors that connect input value of sensor and signal output. All static characteristics of coefficient of determination are close to unity.

Sensors, experimental investigations, calibration, linear regression, static characteristic.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗБИРАННЯ ГИЧКИ КОРЕНЕПЛОДІВ

М.В. Смаль, інженер

Луцький національний технічний університет

Наведено результати експериментальних досліджень технологічного процесу збирання гички коренеплодів удосконаленою гичкозбиральною машиною. Одержано рівняння регресії показників якості роботи.

Коренеплоди, гичка, роторний гичкоріз, багатофакторний експеримент, вибиті коренеплоди, пошкодження коренеплодів.

Постановка проблеми. Коренеплоди цукрових буряків є одними з важливих технічних культур з яких виробляють стратегічний харчовий продукт України – цукор, а також отримують соковиті корми для тваринництва та інші побічні продукти.

За обсягами виробництва цукру Україна займає одне з провідних місць у світі, але за виробництвом цукру з 1 га відстає від розвинутих країн ЄС.

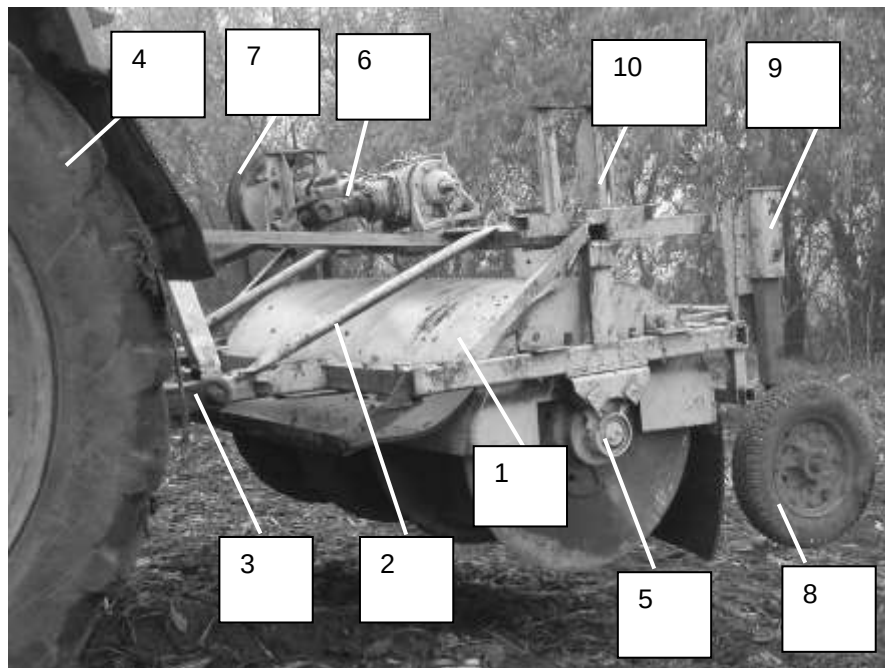
Зменшення цукроносної маси під час збирання коренеплодів обумовлені їх втратами під час збирання гички за рахунок значної кількості вибитих з ґрунту (до 1,5...2,0 %) та пошкоджених (до 15...20 %) коренеплодів, із них за рахунок сколів поверхні зрізування головки – до 10 %. При цьому відходи маси обрізаних головок коренеплодів із гичкою до їх загальної маси знаходяться в межах 5...8 % [1]. Одержані незадовільні показники якості роботи гичкозбиральних машин (ГМ) не відповідають показникам агротехнічних вимог за ознаками недосконалості конструктивно-технічних рішень робочих органів збиральних агрегатів.

Підвищення технологічного рівня ГМ, або показників якості збирання гички коренеплодів є актуальним завданням в плані подальшого удосконалення технічних рішень, які застосовують для збирання гички.

Аналіз останніх досліджень. Для підвищення показників якості збирання гички коренеплодів запропоновано удосконалити конструкції робочих органів ГМ, які виконують послідовні операції зрізування загального масиву гички роторним гичкорізом з наступним видаленням залишків гички з головок коренеплодів дообрізчиком типу «пасивний копір-рухомий ніж» [2, 3].

© М.В. Смаль, 2014

Результати досліджень. Для встановлення основних закономірностей зміни параметрів оптимізації (кількості вибитих коренеплодів роторним гичкорізом K_{Br} і ГМ загалом K_B , пошкодження коренеплодів роторним гичкорізом $K_{I\phi}$ і ГМ загалом K_{II} , із них сильнопошкоджених коренеплодів ГМ загалом K_{CII}) було проведено польові експериментальні дослідження удосконаленої ГМ на основі побудови та реалізації експерименту типу ПФЕ 3². Загальний вигляд агрегату для збирання гички коренеплодів удосконаленою ГМ наведено на рис. 1.



Для отримання регресійної моделі, яка характеризує зміну кількості вибитих коренеплодів роторним гичкорізом K_{Bp} і ГМ загалом K_B , пошкодження коренеплодів роторним гичкорізом $K_{Гр}$ і ГМ загалом $K_{Г}$, кількості сильнопошкоджених коренеплодів ГМ загалом

$K_{СП}$ від параметрів робочих органів ГМ, вибирали відповідний композиційний план трифакторного експерименту, при цьому незалежними змінними факторами приймали: швидкість руху ГМ V_k , яку кодували індексом x_1 ; частота обертання ротора гичкоріза n_x , яку кодували індексом x_2 ; діаметр ротора гичкоріза D_p , який кодували індексом x_3 . Експерименти провели згідно з стандартною методикою, при цьому аналіз функції відгуку проводили згідно з агротехнічними вимогами до ГМ: кількість пошкоджених коренеплодів – не більше 10 %, у тому числі сильнопошкоджених – до 5 %; вибитих коренеплодів із ґрунту робочими органами ГМ – не більше 1,5 % [4].

Результати кодування змінних факторів і рівні їх варіювання наведено у табл.

Результати кодування факторів та їх рівні варіювання під час проведення ПФЕ 3².

Фактори	Позначення		Інтервал варіювання	Рівні варіювання, натуральні/кодовані		
	Код.	Нат.				
Швидкість руху ГМ, м/с	x_1	V_k	0,4	1,4/-1	1,8/0	2,2/+1
Частота обертання ротора гичкоріза, об/хв	x_2	n_x	200	400/-1	600/0	800/+1
Діаметр ротора гичкоріза, м	x_3	D_p	0,1	0,55/-1	0,65/0	0,75/+1

Апроксимуючу функцію параметрів оптимізації $K_{Бр}$, K_B , $K_{Гр}$, $K_{П}$, $K_{СП}$, адекватність якої перевіряли згідно з F -критерієм Фішера знаходили у вигляді математичної моделі логарифмічної залежності, при цьому після визначення коефіцієнтів і оцінки статистичної значущості коефіцієнтів апроксимуючої функції згідно з критерієм Стюдента [5] було одержано кінцевий вигляд рівнянь регресії зміни кількості вибитих коренеплодів роторним гичкорізом $K_{Бр}$ і ГМ загалом K_B , пошкодження коренеплодів роторним гичкорізом $K_{Гр}$ і ГМ загалом $K_{П}$, кількості сильнопошкоджених коренеплодів ГМ загалом $K_{СП}$ залежно від швидкості руху ГМ V_k , частоти обертання ротора гичкоріза n_x , діаметра ротора гичкоріза D_p у натуральних величинах як функціонала $K_{Бр}; K_B; K_{Гр}; K_{П}; K_{СП} = f(V_k; n_x; D_p;)$, тобто (1).

Аналіз наведених рівнянь регресії (1) показує, що кількість вибитих коренеплодів роторним гичкорізом $K_{Бр}$ і ГМ загалом K_B ,

пошкоджень коренеплодів роторним гичкорізом $K_{Гр}$ і ГМ загалом $K_{П}$, кількість сильнопошкоджених коренеплодів ГМ загалом $K_{СП}$ змінюється прямо пропорційно зміні факторів – зі збільшенням робочої швидкості руху ГМ у межах $1,4 \leq V_k \leq 2,2$ (м/с), частоти обертання ротора гичкоріза $500 \leq n_x \leq 900$ (об/хв), діаметра ротора гичкоріза $0,55 \leq D_p \leq 0,75$ (м) значення величин параметрів оптимізації також збільшуються.

$$\left. \begin{aligned} K_{Бр} &= -5,24 + 0,95 \ln(V_k) + 1,02 \ln(n_x) + 2,1 \ln(D_p); \\ K_B &= -5,4 + 1,42 \ln(V_k) + 1,02 \ln(n_x) + 2,03 \ln(D_p); \\ K_{Гр} &= -24,34 + 7,05 \ln(V_k) + 6,53 \ln(n_x) + 29,52 \ln(D_p); \\ K_{П} &= -26,25 + 9,24 \ln(V_k) + 6,72 \ln(n_x) + 28,89 \ln(D_p); \\ K_{СП} &= -40,93 + 3,62 \ln(V_k) + 6,78 \ln(n_x) + 7,8 \ln(D_p) \end{aligned} \right\}. \quad (1)$$

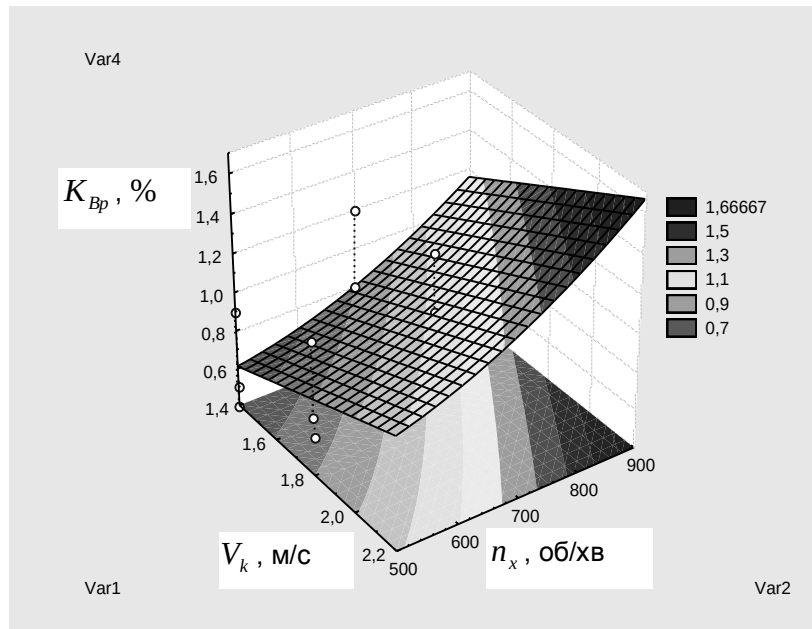


Рис. 2. Поверхня відгуку залежності зміни кількості вибитих коренеплодів роторним гичкорізом $K_{Бр}$ як функціонала $K_{Бр} = f(V_k; n_x)$.

Цей висновок адекватно підтверджується характером зміни побудованих згідно з рівняннями регресії (1) поверхонь відгуку у вигляді залежностей: $K_{Бр}; K_B = f(V_k; n_x)$, рис. 2, рис. 3; $K_{Гр}; K_{П} = f(V_k; D_p)$, рис. 4, рис. 5; двовірного перерізу поверхні відгуку $K_{СП} = f(n_x; D_p)$, рис. 6. При значеннях вхідних факторів $V_k \geq 1,8$ м/с і $n_x \geq 750$ об/хв кількість вибитих коренеплодів із ґрунту робочими органами роторного гичкоріза $K_{Бр}$, або гичкозрізувальними ножами, перевищує встановлений нормативний показник згідно з агротехнічними вимогами до ГМ у 1,5 % від загальної кількості коренеплодів облікової ділянки, рис. 2. Зі збільшенням швидкості

руху ГМ до 1,6 м/с збільшення K_B не спостерігається, а подальше збільшення V_k до 2,2 м/с призводить до збільшення кількості вибитих коренеплодів ГМ загалом K_B робочими органами дообрізчика залишків гички у середньому на 0,1...0,2 %, рис. 3.

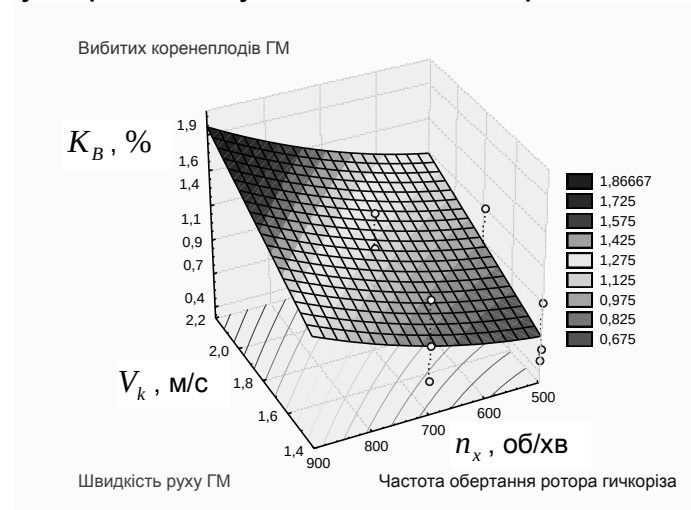


Рис. 3. Поверхня відгуку залежності зміни кількості вибитих коренеплодів ГМ загалом K_B як функціонала $K_B = f(V_k; n_x)$.

Аналіз рис. 4 показує, що згідно з умови узгодження робочої швидкості $V_k \leq 1,7$ м/с (умови забезпечення кількості вибитих коренеплодів ГМ загалом згідно з агротехнічними вимогами $K_B \leq 1,5$ %, рис. 3) умова забезпечення загальної кількості пошкоджень коренеплодів робочими органами ГМ $K_{Гр} \leq 10$ % забезпечується для діаметра ротора $D_p \leq 0,7$ м.

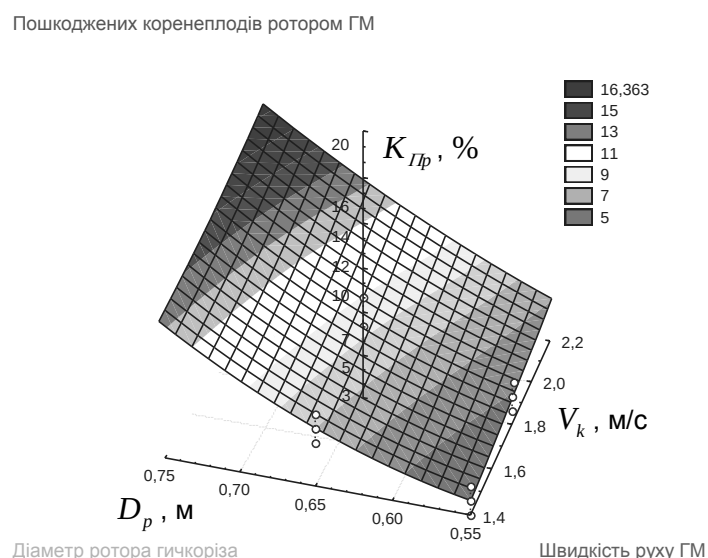


Рис. 4. Поверхня відгуку залежності зміни пошкодження коренеплодів роторним гичкорізом $K_{Гр}$ як функціонала $K_{Гр} = f(V_k; D_p)$.

Зі збільшенням швидкості руху ГМ до 1,6 м/с збільшення K_{II} не спостерігається, а подальше збільшення V_k до 2,2 м/с призводить до збільшення пошкоджень коренеплодів ГМ загалом K_{II} робочими органами дообрізчика залишків гички в середньому на 0,5...1,0% (рис. 5).

Пошкодження коренеплодів ГМ

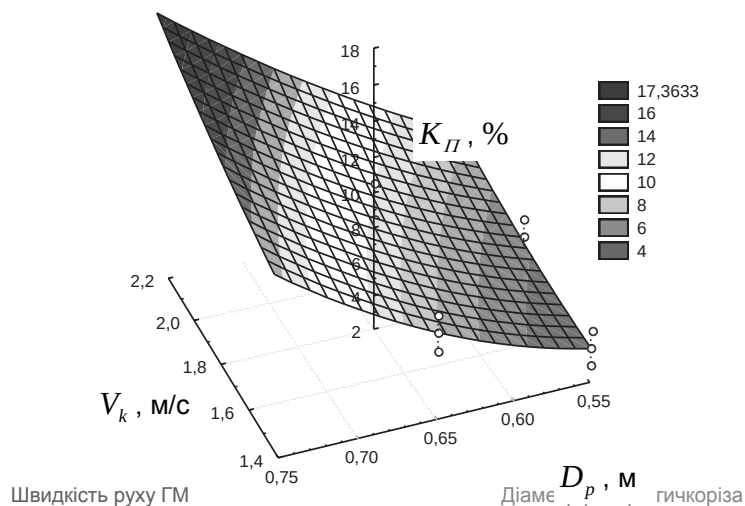


Рис. 5. Поверхня відгуку залежності зміни пошкодження коренеплодів ГМ загалом K_{II} як функціонала $K_{II} = f(V_k; D_p)$.

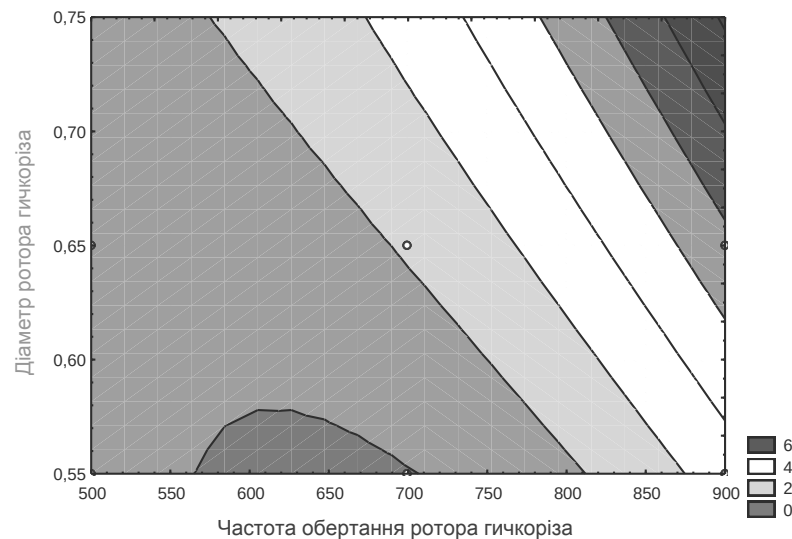


Рис. 6. Двомірний переріз поверхні відгуку залежності зміни сильнопошкоджених коренеплодів ГМ загалом $K_{СП}$ як функціонала $K_{СП} = f(n_x; D_p)$.

Для діаметра шнека $D_p \geq 0,7$ м та частоти обертання ротора гичкоріза $n_x \geq 800$ об/хв (рис. 6) кількість сильно пошкоджених коренеплодів робочими органами ГМ знаходиться у межах 5,3...7,2

(%), що перевищує встановлене значення (до 5 %) згідно з агротехнічними вимогами до ГМ.

Висновок. Таким чином на основі проведеного аналізу рівнянь регресії (1) можна констатувати, що раціональні параметри робочих органів ГМ за яких значення показників якості роботи не виходять за межі агротехнічних вимог будуть: частота обертання ротора гичкоріза – 600...700 (об/хв); діаметр ротора гичкоріза – 0,6...0,7 (м) для робочої швидкості руху ГМ до 1,8 м/с.

Список літератури

1. Свеклоуборочные машины. Конструирование и расчет / [Погорелый Л.В., Татьяна Н.В., Брей В.В. и др.] ; под ред. Л.В. Погорелого. – К.: Техніка, 1983. – 168 с.
2. Патент 81255 Україна, МКИ⁷ А 01 Д 23/02. Гичкозбиральна машина / Смаль М.В., Герасимчук О.О., Барановський В.М., Паньків В.Р. ; заявник і патентовласник Луцький національний технічний університет. – № у 201213815; заявл. 03.12.2012; опубл. 25.07.2013. Бюл. № 14/2013.
3. Патент 82972 Україна, МКИ⁷ А 01 Д 23/02. Машина гичкозбиральна / Барановський В.М., Смаль М.В., Паньків М.Р., Дубчак Н.А., Паньків В.Р.; заявник і патентовласник Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. – № у 201301438; заявл. 07.02.2013; опубл. 27.08.2013. Бюл. № 16/2013.
4. Булгаков В.М. Теория свеклоуборочных машин : монография / В.М. Булгаков, М.И. Черновол, Н.А. Свирень. – Кировоград: КОД, 2009. – 256 с.

Наведено результати експериментальних досліджень технологічного процесу уборки ботви корнеплодов усовершенствованной ботвоуборочной машиной. Получено уравнения регрессии показателей качества работы.

Корнеплоды, ботва, роторный ботворез, многофакторный эксперимент, выбитые корнеплоды, повреждения корнеплодов.

The results of experimental researches of technological process of cleaning up of tops of root crops are pointed by improved haulm gatherer. Equalizations of regression of indexes of quality of work are got systems of adapted root-harvesting machine is pointed.

Root crops, tops, rotor toppe, multivariable experiment, knocked out root crops, damages of root crops.

УДОСКОНАЛЕННЯ ТРАНСПОРТЕРА ОЧИСНОЇ МАШИНИ АВС-1,5

***В.О. Соломка, О.В. Соломка, кандидати технічних наук
К.П. Глущенко, студент***

В статті розглянуто спосіб удосконалення транспортера-живильника насіннєочисної машини та розраховано його основні параметри і режими роботи, що дозволило покращити якість роботи стаціонарного пункту шляхом забезпечення рівномірності подачі вороху.

Кормові трави, насіння, ворох, стаціонарний пункт, транспортер-живильник, рівномірність подачі.

Постановка проблеми. Для рішення задачі збирання насіння кормових трав розроблені та використовуються на практиці технології, які обмежують вплив погодних умов на процес збирання за рахунок перенесення операцій обмолоту та сепарації на стаціонарний пункт. Ці технології передбачають збирання в полі лише насіннєвого вороху з наступним його транспортуванням на стаціонарний пункт для подальшого обробітку. Такий спосіб збирання можна вважати найбільш перспективним, але його практична реалізація стримується відсутністю спеціалізованого комплексу машин для збирання в полі насіннєвого вороху та його подальшої переробки на стаціонарному пункті.

Аналіз останніх досліджень. Всі відомі технології збирання насіння кормових трав можна об'єднати в дві основні групи: збирання з обмолотом та сепарацією насіння в полі і збирання з наступним обробітком урожаю на стаціонарному пункті [3,6]. На практиці найбільшого поширення набули технології, які передбачають виконання операцій обмолоту та сепарації насіння в польових умовах, або так звані «комбайнові» технології збирання. Але комбайнові способи збирання, навіть за сприятливих погодних умов, не забезпечують достатню повноту збору насіння кормових трав, втрати якого становлять 30...40% вирощеного урожаю, а при несприятливих погодних умовах досягають 60...70% [3].

Це пояснюється тим, що конструкція сучасних зернозбиральних комбайнів не враховує значні відмінності насіннєвих посівів кормових трав і зернових культур за фізико-механічними та агробіологічними властивостями.

Суттєві недоліки комбайнових технологій збирання насіння кормових трав обумовили необхідність пошуку принципово нових

рішень цієї проблеми. Один із шляхів зниження втрат насіння в процесі збирання – перенесення складних і енергонасичених операцій обмолоту та сепарації зібраного урожаю в стаціонарні умови. В цьому випадку в полі скошується і частково відділяється від соломи та завантажується в герметизовані транспортні засоби лише насіннєва частина рослинної маси, яка при підвищеній вологості в процесі зберігання може підсушуватися. Обмолот та сепарація насіння в стаціонарних умовах не обмежені часом і погодними умовами, що при наявності приміщень для зберігання дозволяє виконувати ці операції з високою якістю [3, 5, 6].

Проведений аналіз обладнання стаціонарного пункту показав, що для підвищення ефективності його роботи потрібно розробити транспортер-живильник, який дозволить задовольнити необхідну рівномірність подачі насіннєвого вороху до робочих органів очисної машини. Проаналізувавши існуючі типи транспортерів, визначили, що найбільше цим вимогам відповідає скребковий транспортер [1, 3, 5].

Мета досліджень. Метою дослідження є удосконалення стаціонарної машини для обробки насіннєвого вороху кормових трав шляхом забезпечення рівномірної його подачі до очисних робочих органів.

Результати досліджень. Застосування технології збирання бобових трав на насіння з обробкою урожаю на стаціонарному пункті підвищує збір урожаю насіння на 15...20% та більше в порівнянні з традиційними способами збирання, скорочує строки збирання, дозволяє зібрати урожай в екстремальних погодних умовах з використанням сушильного обладнання [3, 6].

Суть технології полягає в наступному. Насіннєві посіви скошуються та вкладаються у валки аналогічно традиційним способам збирання. Для підбирання валків використовують зернозбиральні комбайни після їх відповідного регулювання [3]. В наслідок чого в бункері комбайна збирається насіннєвий ворох, який періодично вивантажується в транспортні засоби з герметизованими кузовами, а обмолочена солома завантажується в тракторні причеми. Солома звозиться на край поля або на кормовий двір, де скирдується для довгострокового зберігання. При необхідності солома може відразу використовуватися на корм тваринам, якщо вона не була оброблена десикантами. Насіннєвий ворох транспортується на відкриті накопичувальні площадки, де складається в очікуванні обробки. Якщо вологість зернового вороху більше 25%, то його попередньо треба підсушити при температурі не вище 49 °С, щоб не знизити схожість насіння [3]. По мірі необхідності ворох завантажують в транспортні засоби та доставляють на стаціонарний пункт для подальшої обробки.

Як вже відмічалось, ефективність роботи стаціонарного пункту суттєво залежить від рівномірної подачі насіннєвого вороху до робочих органів очисної машини АВС-1,5 (розробка ІМЕСГ УААН). Існуючий транспортер-дозатор не забезпечує необхідної рівномірності, що негативно впливає на якість роботи пункту в цілому. В зв'язку з цим, виникла необхідність в удосконаленні дозуючого пристрою. Чисельну групу підйомно-транспортних машин безперервної дії складають транспортери, у яких переміщення вантажів відбувається за допомогою робочого органу, що рухається. Найбільш поширені транспортери стрічкового, скребкового, пруткового, ковшового, гвинтового та пневматичного типу. Розрізняють транспортери загального і спеціального призначення: перші широко використовують у різних галузях народного господарства, другі – мають обмежене застосування. У сільському господарстві в зв'язку з різноманітністю процесів сільськогосподарського виробництва і специфічністю видів та властивостей сільськогосподарських вантажів застосовується значна кількість транспортерів спеціального сільськогосподарського призначення. Робочі органи транспортерів часто входять до складу складних сільськогосподарських машин, у яких вони забезпечують переміщення матеріалу до інших робочих органів, що суттєво впливає на їх параметри. В нашому випадку до транспортера висунуті наступні вимоги: транспортування повинно бути дозоване; висота транспортування вантажу – 1770 мм під кутом 45° до горизонту, тобто довжина транспортера становить $L = 2500$ мм; ширина потоку вороху при рівномірному його розподілі – 1200 мм.

Для забезпечення ефективної роботи живильника-дозатора виготовляємо його з похилої камери комбайна “Лан”, розрізавши її на дві частини в тому місці, де її розмір по висоті бортів складає 390 мм. Площина розрізу повинна бути перпендикулярною нижній площині камери. Ці дві частини з'єднуємо вставкою, довжина якої становить 700 мм. Приймальний барабан транспортера живильника-дозатора повинен бути плаваючим, щоб при можливому збільшенні потоку насіннєвої маси не було забивання та травмування насіння. Якщо ж до живильника-дозатора потрапляють сторонні предмети і відбувається його забивання, то спрацьовує запобіжна муфта. Для забезпечення рівномірної подачі вороху по ширині камери встановлюємо розрівнюючий шнек.

Процес роботи транспортера здійснюється наступним чином. Насіннєвий ворох завантажується в бункер живильника-дозатора, звідки він потрапляє на транспортер, рівномірно розподіляючись по всій його ширині, та подається до робочих органів стаціонарної очисної машини АВС-1,5.

Щоб забезпечити ефективний процес роботи стаціонарної машини для обробітку насінневого вороху вибираємо скребковий транспортер похилої камери комбайна “Лан”, який відповідає поставленим вимогам. Скребковий транспортер складається з ланцюгового тягового органа з прикріпленими до нього скребками, які при переміщенні проштовхують ворох по жолобу від місця завантаження в сторону розвантажувального пристрою. Ефективний процес роботи машини транспортер-дозатор буде забезпечувати при продуктивності $Q = 2,5$ т/год. (0,69 кг/с.). Оптимальна швидкість переміщення ланцюга становить $V_T = 0,4$ м/с. Об’ємну масу вороху для розрахунків приймаємо $\gamma = 60$ кг/м³. Визначаємо розміри планок за відомим виразом [5]:

$$Q = k_r k_u k_y B h V_T \gamma,$$

де k_r – геометричний коефіцієнт продуктивності, який враховує, що частина об’єму жолоба зайнята тяговим органом, $k_r = 0.95$; k_u – швидкісний коефіцієнт продуктивності, який встановлює відношення середньої швидкості руху вантажу V_{cp} до швидкості транспортера V_T , приймаємо $k_u = \frac{V_{cp}}{V_T} = 0.9$; k_y – коефіцієнт ущільнення насипного вантажу, $k_y = 0.7$; B – ширина жолоба, $B = 1,2$ м; h – висота шару вороху, м.

Визначаємо висоту шару вороху на транспортері за виразом:

$$h = \frac{0.69}{0.95 \cdot 0.9 \cdot 0.7 \cdot 1.2 \cdot 0.4 \cdot 60} = 0.040 \text{ м}.$$

Приймаємо висоту планки транспортера $h_c = 30$ мм [5]. Визначаємо силу опору пересуванню вантажу при завантаженні:

$$F_1 = \frac{Q V_T}{3,6 \psi \cdot C_0} = \frac{2,5 \cdot 0,4}{3,6 \cdot 0,7 \cdot 0,97} = 0,4092 \text{ Н}.$$

Визначаємо інтенсивність навантаження по довжині транспортування за формулою:

$$q_e = \frac{Q g}{3,6 V_T} = \frac{2,5 \cdot 9,8}{3,6 \cdot 0,4} = 17,02 \text{ Н / м}.$$

Погонна вага тягового органа визначається по формулі:

$$q_T = k \cdot q_e = 0,8 \cdot 17,02 = 13,62 \text{ Н / м},$$

де k – коефіцієнт пропорційності, $k = 0,8$.

Силу опору пересуванню робочої гілки транспортера знаходимо з формули:

$$F_2 = (q_e + q_T)(\omega_s \cos \beta + \sin \beta)L = (17,02 + 13,62)(4,8 \cdot 0,707 + 0,707)2,5 = 314,06 \text{ Н}$$

де ω_s – коефіцієнт опору руху, приймаємо $\omega_s = 4,8$.

Сила опору пересуванню холостої гілки транспортера дорівнює:

$$F_3 = q_T (\omega_s \cos \beta - \sin \beta) L = 13,62(4,8 \cdot 0,707 - 0,707)2,5 = 91,5H.$$

Тягова сила визначається по формулі:

$$P_0 = (F_1 + F_2 + F_3) \cdot c_1 = (0,4092 + 314,06 + 91,5) \cdot 1,1 = 446,54H.$$

де c_1 – коефіцієнт, який враховує тертя в підшипниках та опір жорсткості ланцюга при його перегибах на натяжній зірочці в направляючих роликах, $c_1 = 1,1$.

Знаходимо потужність на валу приводної зірочки:

$$N_T = \frac{P_0 \cdot V_T}{102} \cdot c_0 = \frac{446,54 \cdot 0,4}{102} \cdot 1,2 = 2,1кВт.$$

де c_0 – коефіцієнт опору жорсткості ланцюга, $c_0 = 1,2$.

Потужність електродвигуна визначається з формули [5]:

$$N_\delta = k \cdot \frac{N_T}{\eta_T} = 1,2 \cdot \frac{2,1}{0,85} = 2,96кВт.$$

де k – коефіцієнт, який враховує перевантаження в момент пуску транспортера під навантаженням, $k = 1,25$; η_T – коефіцієнт корисної дії трансмісії, $\eta_T = 0,85$.

З довідника вибираємо мотор-редуктор МПЗ-40 потужністю $N_\delta = 3,0$ кВт та числом обертів на хвилину $n_\delta = 112$ об/хв [5].

Підбираємо ланцюг (транспортер дволанцюговий), визначивши статичний натяг в набігаючій на приводну зірочку гілці:

$$S_{cm} = 1,5P_0 = 1,5 \cdot 446,54 = 669,81H.$$

та величину руйнуючого навантаження:

$$Q_{руйн} = k \cdot S_{cm} = 0,8 \cdot 669,81 = 535,85H.$$

де k – коефіцієнт безпеки, $k = 0,8$.

Приймаємо по ГОСТ 4267-56 ланцюг блочний, для якого руйнуюче навантаження $Q_{руйн} = 6860$ Н; $t_1 = 29$ мм; $t_2 = 25$ мм.

Число зубів зірочки приймаємо $z = 6$.

Знаходимо динамічне навантаження ланцюга:

$$P_\delta = 6m \left(\frac{\pi \cdot V_T}{z} \right)^2 \frac{t_1}{(t_1 + t_2)^2} = 6 \cdot 18,06 \cdot \left(\frac{3,14 \cdot 0,4}{6} \right)^2 \frac{29}{(29 + 25)^2} = 0,047H.$$

де m – маса переміщуваного вантажу та ланцюга, на який розповсюджується нерівномірність руху:

$$m = \frac{(q_e + 2q_T)}{g} = \frac{(17,02 + 2 \cdot 13,62)}{9,8} = 4,51кг.$$

Динамічне навантаження незначне, так як швидкість тягового органу невелика. Фактичний запас міцності одного ланцюга визначається з формули:

$$K_{\Phi} = \frac{3Q_{руйн}}{(S_{cm} + P_{\delta})} = \frac{2 \cdot 6860}{(669,81 + 0,047)} = 20,48 > [K] = 0,5k = 4.$$

Знаходимо [5] діаметр початкового кола приводної зірочки:

$$D_0 = \frac{t_{\psi}}{2 \sin \frac{90^{\circ}}{z}} = \frac{25 + 29}{2 \sin \frac{90}{6}} = 115 \text{ мм}.$$

Обчислюємо число обертів приводної зірочки:

$$n_{зир} = \frac{60V_T}{\pi \cdot D_0} = \frac{60 \cdot 0,4}{3,14 \cdot 0,115} = 66,5 \text{ об / хв}.$$

Передаточне число трансмісії вираховуємо з формули:

$$i = \frac{n_{\delta}}{n_{зир}} = \frac{112}{66,5} = 1,68.$$

Натяг в гілках ланцюга, що набігають на приводні зірочки та збігають з них:

$$S_{нб} = S_{cm} + P_{\delta} = 669,81 + 0,047 = 669,857 \text{ Н}.$$

$$S_{сб} = S_{cm} - P_{\delta} = 669,81 - 0,047 = 669,763 \text{ Н}.$$

Натяг S_0 та S'_0 в гілках біля натяжних зірочок:

$S_0 = S_{сб} + F_3 = 223,27 + 91,5 = 314,77 \text{ Н}$. $S'_0 = S_0 c_1 = 314,77 \cdot 1,1 = 346,25 \text{ Н}$.
де c_1 – коефіцієнт натягу ланцюга, $c_1 = 1,1$.

В зв'язку з тим, що швидкість полотна транспортера невелика, динамічна сила при розрахунках не була врахована.

Висновок. Отже, для забезпечення ефективної роботи стаціонарного пункту по очищенню насіннєвого вороху кормових трав необхідно удосконалити транспортер-живильник, що дозволить суттєво підвищити продуктивність роботи обладнання та знизити втрати насіння в процесі його очищення за рахунок рівномірної подачі вороху до стаціонарної машини АВС-1,5. Цього можна досягти шляхом модернізації скребкового транспортера похилої камери зернозбирального комбайну «Лан» з відповідним розрахунком його основних параметрів та режимів роботи.

Список літератури

1. *Механизация приготовления кормов* : справочник / Под ред. В.И. Сыроватка. – М.: Агропромиздат, 1985. – 368 с.
2. *Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів* : підручник / О.М. Царенко, Д.Г. Войтюк, В.М. Швайко та ін. ; За ред. С.С. Яцуна. – К.: Мета, 2003. – 448 с.
3. *Соломка В.О.* Обґрунтування раціонального способу збирання насіння люцерни / В.О. Соломка // Механізація сільськогосподарського виробництва. – К.: НАУ, 1999. – Т. V. – С. 169–172.
4. *Бутенин Н.В.* Курс теоретической механики / Н.В. Бутенин, Я.Л. Лунц, Д.Р. Меркин. – М.: Наука, 1979. – Т. 2. – 544 с.

5. Завражнов А.И. Механизация приготовления и хранения кормов : [учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений] / А.И. Завражнов, Д.И. Николаев. – М.: Агропромиздат, 1990. – 336 с.
6. Соломка В.О. До методики дослідження властивостей зернових матеріалів / В.О. Соломка, В.В. Ткач, О.В. Соломка // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка і енергетика АПК. – К.: Видавн. центр НУБіП України, 2010. – Вип. 144, ч. 5. – С. 162–170.

В статье рассмотрен способ усовершенствования транспортера-питателя семяочистительной машины и рассчитаны его основные параметры и режимы работы, что позволяет улучшить качество работы стационарного пункта путем обеспечения равномерности подачи вороха.

Кормовые травы, семена, ворох, стационарный пункт, транспортер-питатель, равномерность подачи.

In paper the method of improvement of load conveyer of purifier of seed machine is considered and it is expected basic parameters and office hours, that allows to improve quality of work of stationary point by providing of evenness of serve lots.

Forage herbares, seed, lots, stationary point, load conveyer, evenness of serve.

УДК 631.372

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЯГОВИХ ПОКАЗНИКІВ МОТОБЛОКА НА БЕТОНІ

***Г.В. Шкарівський, кандидат технічних наук
Р.Г. Шкарівський, магістр***

Викладено результати досліджень тягових властивостей мотоблока важкого класу на бетоні.

Мотоблок, тягове зусилля, бетон, експериментальні дослідження.

Постановка проблеми. На кінець 2011 року виробництво 48,2 % валової продукції сільського господарства забезпечували господарства населення [1]. На чільне місце в групі мобільних енергетичних засобів (МЕЗ) для цих господарств виходять мотоблоки (мобільних енергетичних засобів з колісною формулою

© Г.В. Шкарівський, Р.Г. Шкарівський, 2014

5. Завражнов А.И. Механизация приготовления и хранения кормов : [учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений] / А.И. Завражнов, Д.И. Николаев. – М.: Агропромиздат, 1990. – 336 с.
6. Соломка В.О. До методики дослідження властивостей зернових матеріалів / В.О. Соломка, В.В. Ткач, О.В. Соломка // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка і енергетика АПК. – К.: Видавн. центр НУБіП України, 2010. – Вип. 144, ч. 5. – С. 162–170.

В статье рассмотрен способ усовершенствования транспортера-питателя семяочистительной машины и рассчитаны его основные параметры и режимы работы, что позволяет улучшить качество работы стационарного пункта путем обеспечения равномерности подачи вороха.

Кормовые травы, семена, ворох, стационарный пункт, транспортер-питатель, равномерность подачи.

In paper the method of improvement of load conveyer of purifier of seed machine is considered and it is expected basic parameters and office hours, that allows to improve quality of work of stationary point by providing of evenness of serve lots.

Forage herbares, seed, lots, stationary point, load conveyer, evenness of serve.

УДК 631.372

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЯГОВИХ ПОКАЗНИКІВ МОТОБЛОКА НА БЕТОНІ

***Г.В. Шкарівський, кандидат технічних наук
Р.Г. Шкарівський, магістр***

Викладено результати досліджень тягових властивостей мотоблока важкого класу на бетоні.

Мотоблок, тягове зусилля, бетон, експериментальні дослідження.

Постановка проблеми. На кінець 2011 року виробництво 48,2 % валової продукції сільського господарства забезпечували господарства населення [1]. На чільне місце в групі мобільних енергетичних засобів (МЕЗ) для цих господарств виходять мотоблоки (мобільних енергетичних засобів з колісною формулою

© Г.В. Шкарівський, Р.Г. Шкарівський, 2014

2K2) та міні-трактори, загальна кількість яких стрімко зростає і за останніми статистичними даними складає вже понад 65 тис. штук [2].

Ця техніка є порівняно новою для споживача і не завжди дозволяє отримати очікуваний результат з причин конструкційних, експлуатаційних і технологічних. Однією з основних серед технологічних причин можна назвати відсутність навиків в налагодженні агрегатів та надмірному стомленні оператора. Особливо це стосується мотоблоків і агрегатів на їх базі. За таких умов актуальними є питання, що стосуються вивчення технологічних властивостей мотоблоків і умов агрегування, які їх забезпечують відповідно рамкам державної цільової програми реалізації технічної політики в агропромисловому комплексі.

Аналіз останніх досліджень. Науково-дослідні та дослідно-конструкторські роботи з малогабаритними МЕЗ, що характеризуються колісною формулою 2K2 можна об'єднати в кілька окремих груп, а саме: 1 – роботи присвячені вдосконаленню конструкції мотоблоків [3, 4, 5, 6]; 2 – роботи присвячені проблемам керування та ергономічним аспектам експлуатації мотоблоків і агрегатів на їх базі [7, 8, 9, 10, 11]; 3 – роботи присвячені стійкості роботи мотоблоків і агрегатів на їх базі [12, 13]; 4 – роботи присвячені особливостям технологічної експлуатації мотоблоків і агрегатів на їх базі [14, 15, 16, 17].

Дослідження, приведені в названих роботах стосуються питань: зниження ущільнення ґрунту та підвищення тягових властивостей енергозасобів, вдосконалення характеристик коробки передач у першій з визначених груп; зниження шкідливого впливу вібрації на оператора та зусиль затрачених на керування – у другій; підвищенню стійкості агрегатів на базі мотоблоків і власне мотоблоків при роботі на схилах – у третій; забезпеченню виконання окремих технологічних операцій – у четвертій групі.

Серед названих відсутні роботи, котрі висвітлюють результати наукових досліджень, які встановлювали б умови досягнення і межі гранично можливих значень головного класифікаційного параметра для МЕЗ – тягового зусилля.

Мета досліджень. Визначити верхню межу максимально можливих значень тягового зусилля мотоблока важкого класу.

Результати досліджень. В процесі експлуатації мотоблок може агрегуватися з різними машинами і знаряддями, що впливає на точку і напрям прикладання тягового зусилля (тягового опору). З метою встановлення граничних значень тягового зусилля, дослідження проводили на бетоні, як фоні, що має одні з найвищих значень коефіцієнта зчеплення. Тягове зусилля прикладалось на різній висоті і під різними кутами в поздовжньо-вертикальній

площині. Об'єктом досліджень був мотоблок Zubr JR-Q78, до якого певним способом (в запланованих точках і під наперед заданим кутом) прикладався тяговий опір. Для забезпечення виконання запланованих робіт додатково був розроблений пристрій, який дозволяв змінювати кут прикладання тягового опору та координата точки прикладання по висоті – рис. 1. Названий пристрій встановлюється на штатний пристрій для агрегування енергозасобу і за рахунок вертикально розташованих отворів, виконаних з кроком 2,5 см дозволяє прикладати тяговий опір до мотоблока у точці, висота розташування якої, по відношенню до штатного пристрою для агрегування, кратна 2,5. Обладнання, використане під час досліджень наведене в поясненнях до рисунка. В процесі досліджень забезпечували горизонтальне положення поздовжньої осі мотоблока шляхом дії оператора на важелі управління. При цьому з допомогою цифрової камери фільмувався процес наростання тягового зусилля, верхньою межею якого був початок видимого буксування рушіїв. Фільмування проводилось таким чином, щоб в кадрі був динамометр і рушії мотоблока.

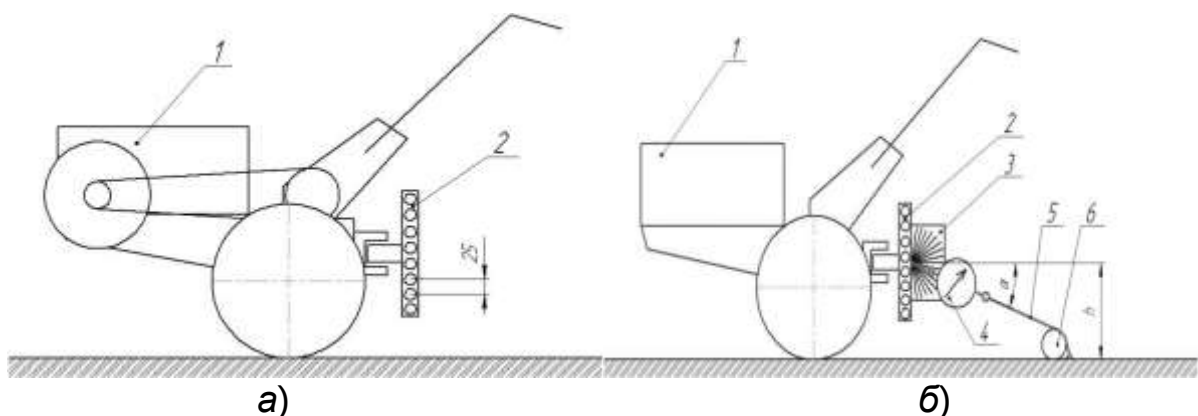


Рис. 1. Схема пристрою для реалізації прикладання тягового опору на різних висотах (а) та розміщення обладнання на мотоблоці під час дослідження граничних значень тягового зусилля (б); α – кут нахилу лінії дії тягового опору; 1 - мотоблок; 2- пристрій для реалізації координатного способу прикладання тягового опору; 3 – шкала кутоміра; 4 – динамометр ДПУ-0.5-2 ГОСТ 13837-79; 5 – ланцюг; 6 – підставка.

Досліди були організовані згідно повного факторного плану 2^2 . Змінними факторами були «висота розташування точки прикладання тягового опору (точки причепа) - h » та «кут нахилу лінії дії тягового опору – α ». Нижні та верхні значення рівнів чинників приведені в табл. 1. Значення рівнів чинника «висота розташування точки прикладання тягового опору (точки причепа) – h » обґрунтовано з точки зору забезпечення агротехнічного просвіту енергозасобу (з

умови, щоб він був не меншим за дорожній), а значення нижнього та верхнього рівнів чинника «кут нахилу лінії дії тягового опору – α » визначалися з урахуванням конструктивних особливостей найбільш поширених конструкцій мотоблоків і мотокультиваторів з урахуванням їх можливого нахилу у поздовжньо-вертикальній площині під час роботи.

1. Значення нижнього і верхнього рівні чинників.

Чинник	Натуральні значення рівнів		Значення чинників у досліді			
	нижній	верхній	1	2	3	4
Висота розташування точки прикладання тягового опору (точки причепа) – h , мм	240±1	540±1	–	+	–	+
Кут нахилу лінії дії тягового опору – α , град.	0	15±1	–	–	+	+

В табл. 2 приведені результати експериментальних досліджень з визначення граничних значень тягового зусилля малогабаритного енергетичного засобу з колісною формулою 2К2.

2. Результати експериментальних досліджень визначення граничних значень тягового зусилля мотоблока на бетоні.

№ досліді	Матриця планування експерименту			Значення досліджуваного параметра в повторностях		
	змінні фактори		$X_3 = X_1 \times X_2$			
	h	α				
	X_1	X_2		I	II	III
1	–	–	+	1,25	1,30	1,40
2	+	–	–	1,50	1,40	1,55
3	–	+	–	1,60	1,70	1,80
4	+	+	+	1,85	1,90	1,85

З метою встановлення регресійних залежностей проводили обробку отриманих експериментальних даних, що дозволило на рівні імовірності довіри 95% отримати рівняння регресії виду.

$$P_{ГК} = 1,59 + 0,013\alpha, \quad (2)$$

де α – кут нахилу лінії дії тягового опору (тягового зусилля), град.

В залежність (2) не входить чинник, який враховує висоту розташування точки прикладання тягового зусилля – «висота розташування точки прикладання тягового опору (точки причепа) – h ». Цей фактор може бути включений у регресійну залежність (2) лише на рівні ймовірності довіри 50 %, що не достатньо для проведення аналізу з його участю. За таких умов можна констатувати, що в результаті проведених досліджень встановлено,

що з досліджуваних факторів на рівень граничного тягового зусилля, яке розвиває мобільний енергетичний засіб з колісною формулою 2К2 впливає лише кут нахилу лінії дії тягового опору (тягового зусилля) α . З отриманих результатів досліджень можна зробити висновок, що із збільшенням кута нахилу лінії дії тягового зусилля його розмір збільшується. Таким чином оператор за рахунок енергії, яка створюється його опорно-рушійним апаратом приймає участь у створенні тягового зусилля. Це може бути пояснено тим, що із збільшенням кута α збільшується момент від тягового зусилля, який намагається повернути мотоблок в напрямі дії реактивного моменту і цей момент компенсується опорними елементами машин-знарядь та зусиллям на важелях управління. А за умови, що при випробуваннях поздовжня вісь мотоблока повинна бути горизонтальною (така умова ставилась перед початком досліджень), то можна стверджувати, що оператор утримуючи енергозасіб горизонтально за важіль управління забезпечував притискання його рушіїв до опорної поверхні і, цим само, впливав на розмір тягового зусилля. При різних значеннях кута α зусилля на важелях були різні, тому різними були і значення тягового зусилля, збільшуючись із збільшенням названого кута.

Таким чином мотоблок «Zubr» JR-Q78 важкого класу на бетоні може розвивати тягові зусилля в межах (1,59 – 1,79) кН, що не дотягує до найнижчого значення найнижчого тягового класу 0,2 рівного 1,8 кН [18]. Це пояснюється тим, що мотоблок має експлуатаційну масу (186) кг [19], а для забезпечення тягового зусилля на рівні 1,8 кН необхідна маса на рівні 555,6 кг [20] Таким чином, частка тягового зусилля, отримання якої забезпечується опорно-рушійним апаратом оператора оцінюється нестачею маси на рівні 330-370 кг. Оператор компенсує нестачу цієї маси дією свого опорно-рушійного апарату та системою важелів, які використовуються для керування мотоблоком.

Висновок. В результаті проведених досліджень встановлено, що важкий мотоблок експлуатаційною масою 186 кг на бетоні на межі зриву рушіїв в повне буксування, при умові утримання оператором горизонтального положення моторної частини за рахунок навантаження свого опорно-рушійного апарату розвиває зусилля в межах 1,59-1,79 кН залежно від кута прикладання тягового зусилля. Встановлення оптимального співвідношення між тяговим зусиллям на інших, характерних для використання мотоблока, фонах і навантаженням оператора може скласти напрями подальших досліджень з даного питання.

Список літератури

1 Статистичний щорічник України за 2011 рік / За ред. О.Г. Осауленка Державна служба статистики України. – К.: ТОВ «Август Трейд». – 2012. – 560 с.

- 2 *Сільське господарство України / За ред. Н.С. Власенко. Державна служба статистики України. – К.: - 2012. – 387 с.*
- 3 *Гонтарев Е. П. Обоснование кинематической схемы, параметров и режимов переключения коробки передач мотоблока с изменяемым межцентровым расстоянием. Дисс. канд. техн. наук 05.05.03. / Е. П. Гонтарев – Челябинск: - 2002. – 129 с.*
- 4 *Овсянников С.И. Повышение тягово-сцепных свойств мотоагрегатов путем применения трансформируемых движителей / С.И. Овсянников // Электронный ресурс: режим доступа – http://archive.nbuv.gov.ua/portal/natural/Vsntu/mashin/2012_135/2012_135/135_46.pdf*
- 5 *Паніна В.В. Обґрунтування трансмісії малогабаритного машинного агрегату для фермерських господарств: автореф. дис. канд. техн. наук 05.22.02 / В.В. Паніна //— Х.: Харк. нац. автомоб.-дорож. ун-т. - 2005. — 19 с.*
- 6 *Скойбеда А.Т. Колесно-шагающие движители для транспортного средства высокой проходимости / А.Т. Скойбеда, В.Н. Жуковец // Теоретическая и прикладная механика: междунар. науч.-техн. сборник БНТУ. – Минск, 2013. – Вып. 28. – С. 228–233.*
- 7 *Евграфов В.В. Динамика и управление движением колесных роботов / Автореф. дисс. канд. физ.-мат. наук 05.02.01 / В.В. Евграфов. – М.: - 2008. – 15 с.*
- 8 *Механико-эргономическое обоснование средств малой механизации сельскохозяйственных работ: автореф. дисс. докт. техн. наук 05.20.01 / Н.Д. Келлер. – М., 2000. – 63 с.*
- 9 *Мясищев Д. Г. Обоснование структуры и параметров лесохозяйственной системы машин на основе мобильных средств малой механизации: дисс. докт. техн. наук 05.20.01 / Д.Г.Мясищев. – С-Пб., 2005. – 350 с.*
- 10 *Овсянников С.И. Исследование силового управляющего взаимодействия в подсистеме «оператор-человек» / С.И. Овсянников, А.Г. Марчишак // Электронный ресурс: Режим доступа http://archive.nbuv.gov.ua/portal/natural/Vkhdtusg/2012_123/st%204.pdf.*
- 11 *Подрубалов М.В. Совершенствование виброзащиты оператора транспортного мотоблока в системе малой механизации лесохозяйственной и лесопарковой деятельности : автореф. дисс. канд. техн. наук 05.21.01 / М.В. Подрубалов. – М., 2012. – 18 с.*
- 12 *Булгаков В.М. До питання стійкості мотоблока при роботі на схилах / В.М. Булгаков, М.В. Усенко Міжвідомчий тематичний науковий збірник «Механізація та електрифікація сільського господарства». – Глеваха: ННЦ «ІМЕСГ». 2010. – Вип. 94. – С. 294–297.*
- 13 *Усенко М.В. Элементы теории стабилизирующего пропелерного пристрою / М.В. Усенко // Электронный ресурс: режим доступа http://archive.nbuv.gov.ua/portal/natural/nvnau_apk/2010_144_5/10umv.pdf.*
- 14 *Купряшкин В.Ф. Повышение эффективности функционирования самоходной малогабаритной почвообрабатывающей фрезы оптимизацией конструктивно-технологических параметров: дис. канд. техн. наук 05.20.01 / В.Ф. Купряшкин. – Саранск, 2011. – 220 с.*
- 15 *Прокопьев А.Ф. Повышение эффективности лесотранспорта на участках рубок ухода в молодняках европейского севера: автореф. дисс. канд. техн. наук 05.21.01 / А.Ф. Прокопьев. – Архангельск, 2009. – 19 с.*
- 16 *Ружьев В.А. Разбрасыватель для мотоблока в технологическом процессе внесения удобрений / В.А. Ружьев, М.В. Николаев // Развитие АПК в свете*

инновационных идей молодых ученых. – С-Пб.: С-Пб. гос. аграр. универ, 2012. – С. 248–251.

17. ГОСТ 27021-86 (СТ СЭВ 629-85) Тракторы сельскохозяйственные и лесохозяйственные. Тяговые классы. Введ. 1987-01-07. – М.: Из-дво стандартов. 1986. – 5 с.

18. Мотоблок Зубр JR-Q78, JR-Q79: руководство по эксплуатации. – К.: Простосад. – 86 с.

19. Шкарівський Г.В. Про експлуатаційну масу енергозасобів / Г.В. Шкарівський, Р.Г. Шкарівський // Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету [Електронний ресурс]. – Мелітополь: ТДАТУ, 2012. – Вип. 2, т. 3. – Режим доступу: <http://www.nbu.gov.ua/e-journals/nvtdau>.

Приведены результаты исследований тяговых свойств мотоблока тяжелого класса на бетоне.

Мотоблок, тяговое усилие, бетон, экспериментальные исследования.

The results of investigations of traction properties of heavy-duty two-wheel tractor on concrete.

Walk-behind tractor, traction, concrete, experimental research.

УДК 631.363.21

АНАЛІЗ УМОВ РУЙНУВАННЯ ЗЕРНИНИ ПРИ УДАРНОМУ КОНТАКТІ З ЛОПАТКОЮ

В.О. Соломка, О.В. Соломка, кандидати технічних наук

В статті розглянуті умови руйнування зернини при ударній взаємодії з жорстко закріпленою лопаткою, визначена енергія руйнування та кут відбиття подрібнених часток, що дозволило обґрунтувати теоретично можливу продуктивність роботи подрібнювача.

Зерно, лопатка, подрібнення зерна, параметри, умова подрібнення, аналітичні залежності.

Постановка проблеми. Для визначення теоретично обґрунтованої продуктивності роботи подрібнювачів, що працюють за принципом удару, виникла необхідність в аналізі умов руйнування зернових матеріалів під дією робочих органів, в першу чергу, жорстко закріплених на осі обертання.

© В.О. Соломка, О.В. Соломка, 2014

Г.В. Шкарівський // Міжвідомчий тематичний науковий збірник “Механізація та електрифікація сільського господарства”. – Глеваха: ННЦ “ІМЕСГ”. – Вип. 88. – 2004.– С. 70–77.

Изложены результаты анализа развития интегральной конструктивно-компоновочной схемы энергосредств сельскохозяйственного назначения.

Мобильное энергетическое средство, компоновка, интегральная компоновка, конструкция, развитие.

The results of analysis of development of integrated design-layout scheme of power unit for agricultural purposes.

Mobile power, tool arrangement, integralnoya layout, design and development.

УДК 630.56.7

КРИТЕРІЇ ОЦІНКИ КОРОБЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ В ПРОЦЕСІ ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ

О.Є. Семеновський, кандидат технічних наук

Встановлені причини короблення деталей в процесі термічної обробки. Розроблені критерії оцінки цієї величини.

Сталь, легування, цементация, технологичность, короблення, внутрішні напруження.

Постановка проблеми. Сучасна техніка висуває до конструкційних матеріалів все більш високі вимоги у відношенні механічних властивостей, а серійне та масове машинобудування у відношенні їх технологічності. Складнопрофільність сучасних деталей зубчастих передач вимагає включення в процес їх виготовлення операцій штампування, обробки різанням, зварювання, поверхневого зміцнення, фінішних доводочних операцій. Це накладає на матеріал усе більш високі технологічні вимоги до штампувальності, оброблюваності різанням, зварюваності, прогартовуваності, цементуємості, коробленню в процесі зміцнення.

Аналіз останніх досліджень. В області цементувальних сталей вибір композицій з оптимальним співвідношенням фізико-механічних і технологічних можливостей ускладнюється

© О.Є. Семеновський, 2014

недостатністю відомостей про вплив їх складу на ці характеристики. Крім того, дані які є суперечливі і носять, в основному, якісний характер. Ще недостатньо даних про взаємозв'язки між різними властивостями цементувальних сталей, що не дозволяє прогнозувати ці властивості, значно збільшуючи обсяг роботи при їх виборі, або розробці.

Нами було поставлено завдання не тільки якісної, а й кількісної оцінки такої технологічної властивості, як схильність сталей до короблення в процесі хіміко-термічної обробки, з метою введення єдиної характеристики яка визначає схильність сталі до деформації в процесі гартування.

Вибір марки сталі визначається не тільки умовами експлуатації, а також технологічними можливостями устаткування. В роботі [1-3] проведений всебічний аналіз використовуваних марок сталей для важконавантажених зубчастих передач. Аналізуючи дані цієї роботи, можна зробити висновок, що вибір матеріалу в значній мірі визначає застосування відповідної технології зміцнення. Найбільш перспективною технологією зміцнення шестерень варто вважати хіміко-термічну обробку.

Мета досліджень. Основним завданням нашої роботи було встановлення єдиного критерію кількісної оцінки схильності сталі до короблення в процесі термічної обробки.

Результати досліджень. Зміна геометричних параметрів деталей, що відбуваються в процесі хіміко-термічної обробки, є визначальним фактором для економічних показників виробництва. Усунення короблення вимагає проведення додаткових фінішних операцій, таких як відновлення базових отворів, шліфування торців і обробка робочих профілів. Крім того, незадовільна оброблюваність різанням матеріалів, що мають високу твердість, накладає необхідність проведення операцій захисту від насичення вуглецем в процесі цементації тих поверхонь деталі, що обробляються після хіміко-термічної обробки. Для цього, як правило, застосовуються процеси електролітичного міднення чи нанесення захисних антицементацийних паст. Ці операції трудомісткі, енергоємкі і вимагають витрати дорогих і дефіцитних матеріалів.

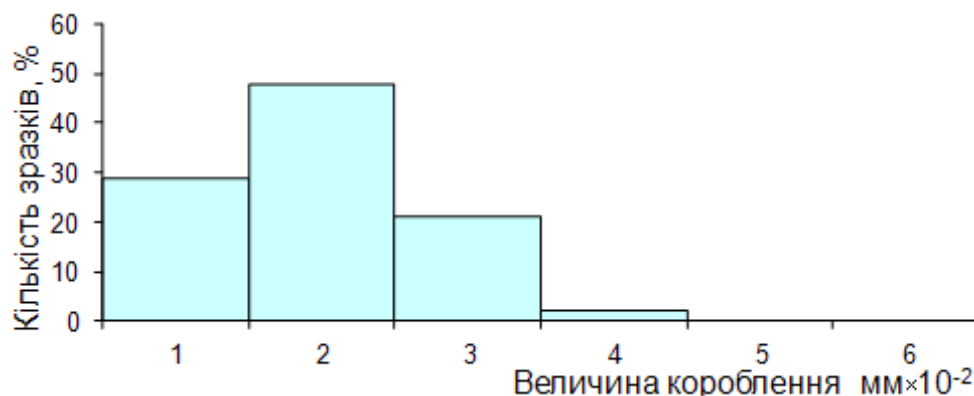
Актуальність питання короблення деталей, що підлягають поверхневому зміцненню, особливо гостро постала в зв'язку з тим, що значно зросли вимоги до металоємкості і точності виготовлення зубчастих передач [4, 5]. Загальновідомо, що основною причиною короблення при хіміко-термічній обробці є гартування.

Охолодження в процесі гартування приводить до появи температурного градієнта по перетину деталей, величина якого визначається температурою нагрівання, розмірами і формою деталі,

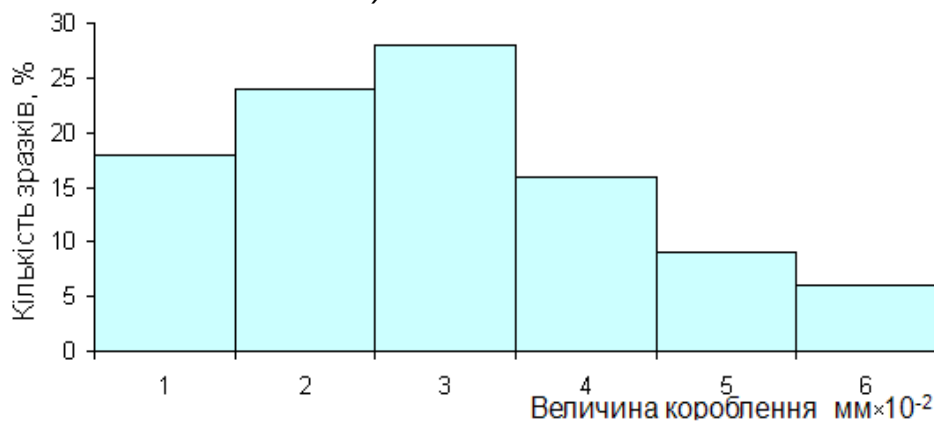
теплопровідністю сталі і охолоджуючою здатністю гартівного середовища, його циркуляцією [6].

Неодноразовість зміни температури по глибині оброблюваних матеріалів при охолодженні, поряд з неодноразовістю протікання фазових перетворень, що супроводжуються зміною питомого об'єму, приводить до виникнення напружень. Напруження, що виникають внаслідок неодноразової теплової деформації, одержали назву теплових або термічних.

Оскільки в нашій роботі постало завдання не тільки якісної, а й кількісної оцінки такої технологічної характеристики, як схильність сталей до короблення в процесі хіміко-термічної обробки, то базуючись на аналізі порівняльних досліджень величини короблення деталей із різних сталей, результати яких представлено у вигляді гістограм на рис. 1, пропонується введення єдиної характеристики яка визначає схильність сталі до деформації в процесі гартування. Вона представляє собою коефіцієнт, який визначається із співвідношення між кількістю деталей, що вкладаються в припустиму величину короблення, згідно з технічною документацією, до кількості деталей – які не вкладаються в припустимі технічною документацією відхилення (браковані деталі).



а) сталь 15ХГНБТЧ



б) сталь 12ХН3А

Рис. 1. Гістограми величини короблення деталей в процесі гартування.

Такою кількісною характеристикою є в даному випадку інтеграл Рімана – у змісті межі сум Дарбу (як площа криволінійної трапеції). За допомогою функції-індикатора належності змінної до множини, що задається для будь-якої множини. А й змінної величини “х”

наступним чином $\chi_A(x) = \begin{cases} 1, & x \in A \\ 0, & x \notin A \end{cases}$, можна подати ступінчастий графік функції $\mathfrak{Z}(x)$ у вигляді:

$$\mathfrak{Z}(x) = \sum_{i=1}^m (n_i \chi_{(a_i; a_{i+1})}(s)).$$

Нехай n_j – значення функції на напівзакритому інтервалі $(a_j, a_{j+1}]$. Характеристика, що вводиться запишеться тоді у вигляді:

$$\mathfrak{R}(x) = \mathfrak{R}(\mathfrak{Z}(x)) = \frac{\int_x^b \left(\sum_{i=1}^m (n_i \chi_{(a_i; a_{i+1})}(s)) ds \right)}{\int_a^x \left(\sum_{i=1}^m (n_i \chi_{(a_i; a_{i+1})}(s)) ds \right)} = \frac{\sum_{\substack{i=j+1 \\ j: x \in (a_j, a_{j+1}]}}^m \left(n_i \Delta a_{i+1} + \frac{n_j (a_{j+1} - x)}{m - j} \right)}{\sum_{\substack{i=1 \\ j: x \in (a_j, a_{j+1}]}}^{j-1} \left(n_i \Delta a_{i+1} + \frac{n_j (x - a_j)}{m - j} \right)}$$

де: $\chi_A(x) = \begin{cases} 1, & x \in A \\ 0, & x \notin A \end{cases}$ – функція-індикатор належності змінної x до множини A ;

n_j – значення функції на напівзакритому інтервалі $(a_j, a_{j+1}]$ $\mathfrak{Z}(x) = \sum_{i=1}^m (n_i \chi_{(a_i; a_{i+1})}(s))$ – функціональна залежність, що відповідає східчастому графіку, побудованому за експериментальними даними.

Для прикладу проведемо розрахунок коефіцієнта схильності до деформації для сталей 12ХН3А та 15ХГНБТЧ.

Для сталі 12ХН3А розрахунок має вигляд:

$$\mathfrak{R}(x) = \begin{cases} \frac{101 - 18x}{18x}, & x \in (0, 1] \\ \frac{107 - 24x}{24x - 6}, & x \in (1, 2] \\ \frac{115 - 28x}{28x - 14}, & x \in (2, 3] \\ \frac{79 - 16x}{16x + 22}, & x \in (3, 4] \\ \frac{51 - 9x}{9x + 50}, & x \in (4, 5] \\ \frac{36 - 6x}{6x + 65}, & x \in (5, 6] \end{cases}$$

$$x = \begin{cases} \frac{101}{18(R_0 + 1)}, x \in (0, 1] \\ \frac{107 + 6R_0}{24(R_0 + 1)}, x \in (1, 2] \\ \frac{115 + 14R_0}{28(R_0 + 1)}, x \in (2, 3] \\ \frac{79 - 22R_0}{16(R_0 + 1)}, x \in (3, 4] \\ \frac{51 - 50R_0}{9(R_0 + 1)}, x \in (4, 5] \\ \frac{36 - 65R_0}{6(R_0 + 1)}, x \in (5, 6] \end{cases}$$

$$R_0 = 0.03 \Rightarrow x \geq 5.5097$$

Для сталі 15ХГНБТЧ розрахунок має вигляд:

$$\Re(x) = \begin{cases} \frac{29(1-x) + 61}{29x}, x \in (0, 1] \\ \frac{48(2-x) + 23}{48(x-1) + 29}, x \in (1, 2] \\ \frac{21(3-x) + 2}{21(x-2) + 77}, x \in (2, 3] \\ \frac{2(4-x)}{2(x-3) + 98}, x \in (3, 4] \end{cases},$$

$$x = \begin{cases} \frac{90}{29(R_0 + 1)}, x \in (0, 1] \\ \frac{119 + 19R_0}{48(R_0 + 1)}, x \in (1, 2] \\ \frac{65 - 35R_0}{28(R_0 + 1)}, x \in (2, 3] \\ \frac{2(1 - 23R_0)}{(R_0 + 1)}, x \in (3, 4] \end{cases}.$$

$$R_0 = 0.03 \Rightarrow x \geq 2.956$$

В нашому конкретному випадку при припустимому процентному співвідношенні кількісних характеристик бракованих і небракованих деталей у межах – 3%, сталь 15ХГНБТЧ, маючи низьку схильність до короблення, забезпечить величину допусків – 0,029 мм, а сталь 12ХН3А – 0,055 мм. А у випадку коли серійна сталь забезпечить такі ж допустимі відхилення, як і розроблена, кількість бракованих деталей буде складати 30%.

Таким чином запропонований в нашій роботі коефіцієнт дає можливість кількісно оцінювати схильність сталей до короблення і забезпечує можливість вибору хімічного складу сталі в залежності

від необхідної величини допусків та технологічних можливостей виробництва. Визначення цього коефіцієнту процес досить трудомісткий. Для спрощення пошукових робіт щодо дослідження цієї характеристики проведені її порівняння з іншими технологічними властивостями сталей. З точки зору причин виникнення короблення деталей в процесі гартування найбільш близькою характеристикою, яка має взаємозв'язок з коефіцієнтом деформованості є величина напруження в зміцненому шарі.

Були розглянуті залежності розподілення залишкових внутрішніх напружень (рис. 2), для сталей з різним ступенем легування. Характер отриманих кривих дозволяє говорити про те, що комплексно-легована сталь має більш різке зниження рівня напружень, по мірі віддалення від поверхні, у порівнянні із серійною сталлю 12ХН3А.

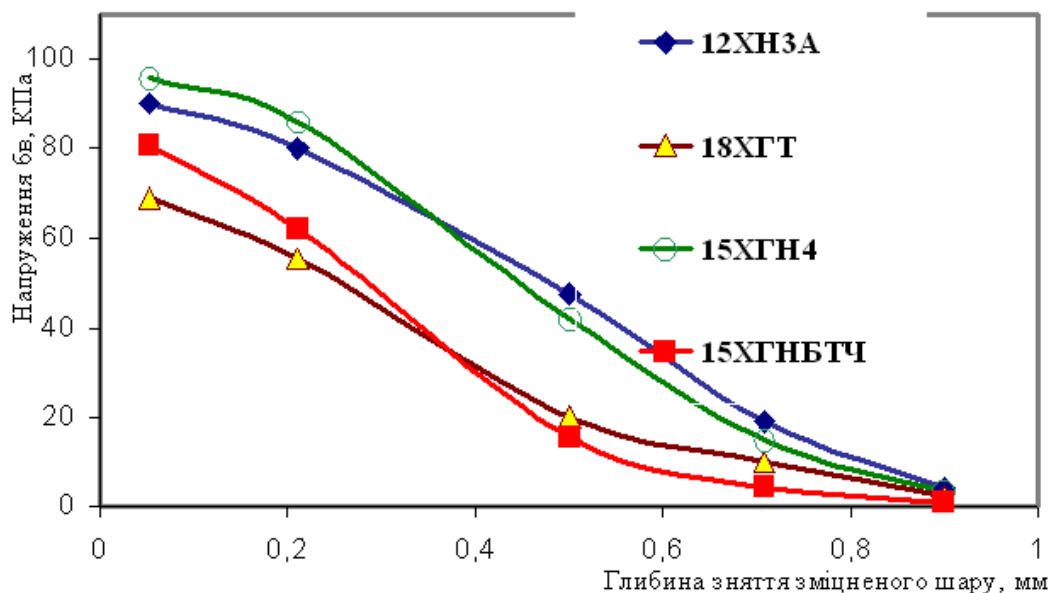


Рис. 2. Розподіл залишкових внутрішніх напружень у зміцненому шарі.

Виходячи з фізичного змісту цієї величини, можна стверджувати, що взаємозв'язок з розглянутою характеристикою має сума всіх напружень в усьому поверхневому шарі. Її можна представити у вигляді інтегралу Рімана.

Для сталі 12ХН3А:

$$I_{12ХН3А} = \int_{0,1}^{0,9} (-953,12x^4 + 2343,8x^3 - 1910,3x^2 + 456,06x + 57,948) \cdot dx = 37.0398.$$

Для сталі 15ХГНБТЧ:

$$I_{15ХГНБТЧ} = \int_{0,1}^{0,9} (263.02x^4 - 527.08x^3 + 479.32x^2 - 314.73x + 107.08) \cdot dx = 20.7075.$$

Для сталі 18ХГТ:

$$I_{18ХГТ} = \int_{0,1}^{0,9} (-3208,3x^4 + 6672,9x^3 - 4562,3x^2 + 1046,8x - 2,2063) dx = 25,305.$$

Для сталі 15ХГН:

$$I_{15ХГН} = \int_{0,1}^{0,9} (1296,9x^4 - 2579,2x^3 + 1736,6x^2 - 504,21x + 82,005) \cdot dx = 15,5048.$$

Комп'ютерна обробка сумарної величини напружень усього зміцненого шару показала, що в серійної сталі 12ХН3А цей показник у 1,5 рази вище, ніж у розробленої нами сталі.

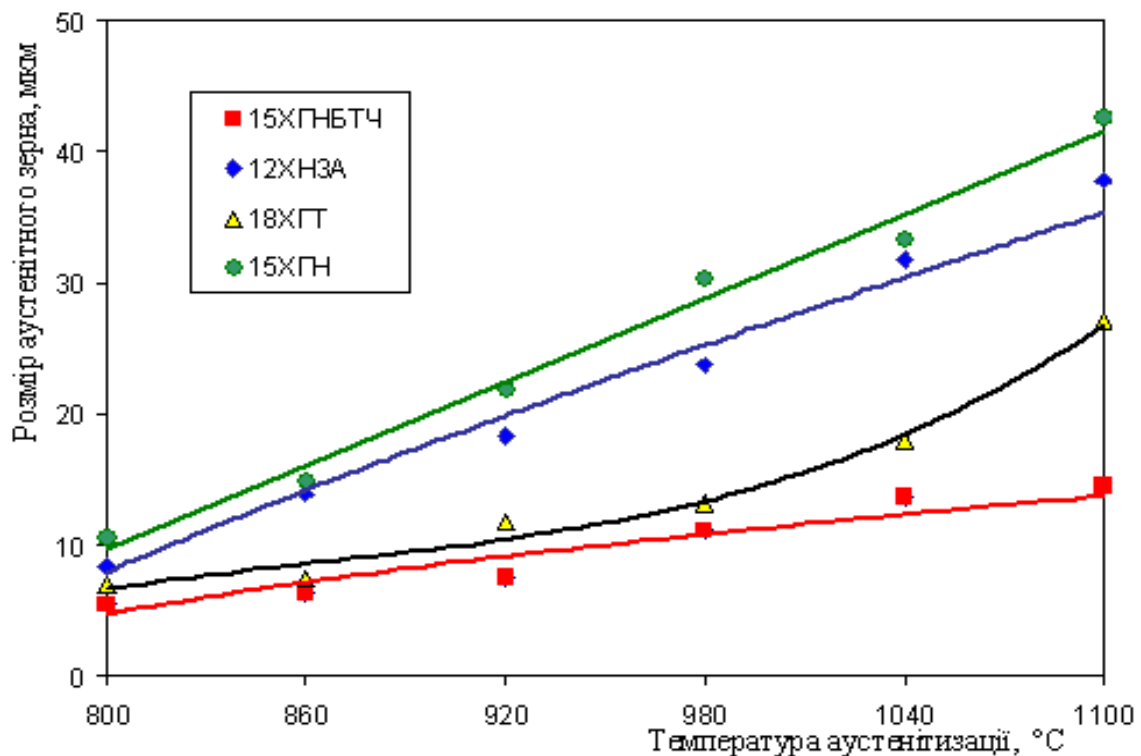


Рис. 2. Кінетика росту аустенітного зерна.

Однак рекомендувати цю характеристику для визначення схильності сталі до короблення недоцільно з двох причин. По-перше, величина залишкових внутрішніх напружень лише побічно пов'язана з тими напруженнями, що викликають деформацію виробу (зразка) у процесі термічної обробки, і є не причиною, а наслідком. По-друге, її визначення пов'язане зі значними технічними складностями. У той же час, як якісна характеристика, вона підтверджує отримані нами результати при дослідженні схильностей сталей з різними композиціями легуючих елементів до короблення.

Найбільш близькою характеристикою, яка має зв'язок із коефіцієнтом деформованості є схильність сталі до росту аустенітного зерна в процесі нагрівання. Виходячи з фізичного

змісту схильність сталі до росту аустенітного зерна при нагріванні характеризується швидкістю зміни функції, яка описує даний процес. Розглянувши графічні залежності на рис. 3, після апроксимації експериментальних даних за допомогою лінії Тренда степеневого типу, можемо визначити швидкість зміни апроксимованих кривих як похідну $f(x)'$. Середнє значення похідної $f(x)'$ на відрізку $[a,b]$

підрахуємо виходячи із рівності $\int_a^b [f'(x)] dx = f'_{cp}(\theta) \cdot (b-a)$, де

$$\theta \in [a,b]. \quad \text{Звідки} \quad f'_{cp}(x) = \frac{\int_a^b [f'(\theta)] dx}{(b-a)}.$$

Для досліджуваних сталей розрахована величина цієї характеристики буде дорівнювати:

Для сталі 12ХН3А:

$$V_{12ХН3А} = \frac{\int_{800}^{1100} \left[\frac{\partial}{\partial x} (7.9655x^{0.8324}) \right] dx}{1100 - 800} = 2.10298.$$

Для сталі 15ХГНБТЧ:

$$V_{15ХГНБТЧ} = \frac{\int_{800}^{1100} \left[\frac{\partial}{\partial x} (5.16x^{0.53}) \right] dx}{1100 - 800} = 0.109308.$$

Для сталі 18ХГТ:

$$V_{18ХГТ} = \frac{\int_{800}^{1100} \left[\frac{\partial}{\partial x} (5.68x^{0.72}) \right] dx}{1100 - 800} = 0.6006.$$

Для сталі 15ХГН:

$$V_{15ХГН} = \frac{\int_{800}^{1100} \left[\frac{\partial}{\partial x} (6.3709x + 3.36) \right] dx}{1100 - 800} = 6.3709.$$

Провівши аналіз математичних розрахунків технологічних характеристик досліджених сталей і порівнявши їх з введеним нами коефіцієнтом, що характеризує схильність сталі до короблення, можна зробити висновок, що схильність сталі до росту аустенітного зерна в процесі витримки при високих температурах має достатню кореляцію з коефіцієнтом короблення сталі.

Висновки

1. Зменшення схильності сталі до короблення дає можливість підвищити економічні показники виробництва за рахунок зменшення кількості фінішних операцій.

2. У ході проведених досліджень встановлено, що рівень короблення сталі в процесі хіміко-термічної обробки знаходиться в прямій залежності від ступеню диспергування вихідної аустенітної структури.

3. Для цементуємих сталей, які в процесі хіміко-термічної обробки піддаються тривалому впливу високих температур, необхідно максимально зменшити схильність сплаву до росту аустенітного зерна, що досягається комплексним легуванням такими елементами, як титан і ніобій, котрі утворюють карбідну фазу, стійку до високих температур.

Список літератури

1. *Вороненко Б.И.* Современные высокопрочные стали для тяжело нагруженных зубчатых передач / *Б.И. Вороненко* // *Металловедение и термическая обработка металлов.* – 1996. – № 8. – С. 11–18.
2. *Brosso P.* El acero en el futuro de los materiales / *Brosso P., Pagliucci C.* // *Siderurgia.* – 1990. – 15, № 50. – P. 5–20.
3. *Фекет Дж. Р.* Применение перспективных высокопрочных сталей в автомобилестроении / *Дж. Р. Фекет* // Доклады Международного семинара "Современные достижения в металлургии и технологии производства сталей для автомобильной промышленности", Москва, 17-18 февраля, 2004. – М.: Металлургиздат, 2004. – С. 21–30.
4. *Зинченко В.М.* Стали для цементуемых и нитроцементуемых деталей / *В.М. Зинченко* // *Технология металлов.* – 2002. – № 7. – С. 15–21.
5. *Романив О.Н.* Усталость и циклическая трещиностойкость конструкционных материалов / *Романив О.Н., Ярема С.Я., Никифорчин Г.Н. и др.* – К.: Наукова думка, 1990. – С. 121–226.
6. *Xuc Chun-fang.* Механизм упрочнения и повышения вязкости стали, микролегированной Nb / *Xuc Chun-fang, Wang Xin-hua, Xin Yi-de* // *Jinshu rechuli Heat Treat Metals.* – 2003. – 28-№ 5. – С. 15–17.

Установлены причины деформации деталей в процессе термической обработки. Разработаны критерии оценки этой величины.

Сталь, легирование, цементация, технологичность, деформации, внутренние напряжения.

The causes warping of parts during heat treatment. Developed criteria for assessing this value.

Steel, doping, cementation, technology, warping, internal tensions.

ФУНКЦІОНУВАННЯ РИНКІВ В ПРОЕКТІ ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АГРОПРОМИСЛОВОГО КОМПЛЕКСУ

***В.І. Мельник, кандидат економічних наук
З.В. Ружило, І.Л. Rogovskiy, кандидати технічних наук
С.З. Хмельовська, економіст***

В статті розглянуто концептуальні положення і розкрито вихідні дані щодо функціонування ринків в проекті інженерно-технічного забезпечення агропромислового комплексу.

Проект, забезпечення, інженерія, ринок.

Вступ. Умови формування і нормального функціонування ринкового середовища вимагають створення певних техніко-технологічних, що ґрунтуються на ряді принципів щодо постійного генерування позитивних і негативних моментів і тенденції розвитку інженерно-технічного забезпечення АПК. Для того, щоб зменшити негативні прояви функціонування ринку, його регулюють. На макрорівні на ринок постійно впливає держава. Важелями такого регулювання виступає податкова, цінова та інтервенційна політика, фінансово-кредитні умови роботи операторів ринку, протекціонізм вітчизняним товаровиробникам, надання пільг або встановлення зобов'язань окремим учасникам, державні замовлення тощо [1].

Постановка проблеми. Відсутність прямого зв'язку між операторами ринку технічних засобів через взаємну віддаленість, обмежену можливість заводів-виробників безпосередньо обслуговувати продану продукцію викликає об'єктивну необхідність формування ринкової сервісної інфраструктури, яка б забезпечувала потреби у доставці машин і обладнання до споживача, передпродажному та подальшому технічному обслуговуванні тощо [2]. Рушієм, що стимулює або стримує розвиток підприємницької діяльності і визначає рівень прибутковості та масу прибутку на підприємствах є цінова ситуація на ринку. При нинішньому стані економіки саме сільськогосподарські товаровиробники не можуть задовольнити свій величезний попит на техніку через значні недоліки в ціноутворенні на їх продукцію. Майже в усі роки незалежності аграрні ринки та ціни на стратегічно важливі для України види сільськогосподарської продукції – зерно, олію, цукор, м'ясо і молокопродукти зарегульовані державою на низькому рівні і не дозволяють більшості товаровиробників галузі вести в ринкових умовах розширене відтворення виробництва [3].

Обмеження інвестиційних можливостей села призвело до кризових явищ і стагнації не тільки підприємств сільського господарства, а й у сільгоспмашинобудуванні та ремонтно-обслуговуючій сфері [4].

Аналіз останніх досліджень. Науковці висловлюють різні думки і висновки однак загальновизнаними принципами ринку є [5–7]:

- рівноправність усіх форм власності та плюралізм і рівність усіх форм господарювання;

- різноманітність форм і методів взаємодії структур ринку на основі: вільного маркетингу; загальнодоступного моніторингу; формування ринкової інфраструктури, що включає торгові дома, фірмові центри і магазини, ярмарки, аукціони-виставки тощо; горизонтальної інтеграції виготовлювачів техніки і вільного вибору партнерів; вертикальної інтеграції сільськогосподарських товаровиробників, переробників, виготовлювачів технічних засобів з участю торгових посередників та фінансово-кредитних структур; недопущенні формування ринку за територіальними ознаками;

- створення конкурентного середовища з вільним: вибором постачальників та покупців товару; формуванням цін та інших економічних умов придбання товару і послуг для всіх учасників;

- створення умов для максимально можливої економії ресурсів і загальних витрат учасників ринку через посилення біполяризації ринку і зменшення посередників.

Мета досліджень – сформулювати концептуальні положення і вихідні дані щодо функціонування ринків в проекті інженерно-технічного забезпечення агропромислового комплексу.

Результати досліджень. Функціонування ринку сільськогосподарської техніки в проекті інженерно-технічного забезпечення АПК передбачає участь, з одного боку, операторів пропозиції, з другого – операторів попиту. Між ними діє інфраструктурна складова, що функціонально генерує ціни попиту й пропозиції, а фізично включає торговельні, складські, посередницькі та інші структури, які створюються самостійно, або ж працюють за кошти виготовлювачів чи покупців техніки. Такі структури виступають на арені взаємодії, контактування операторів обох сторін у спеціально влаштованих та обладнаних місцях з метою купівлі-продажу товарів. Стратегічна функція інфраструктури полягає у створенні повноцінного конкурентного середовища, а фактично – у постійному забезпеченні купівлі-продажу товару.

Ця загальна схема формування ринку (рис. 1) оточується середовищем, що являє собою складне економічне явище і передбачає регулювання попиту і пропозиції насиченням товару і

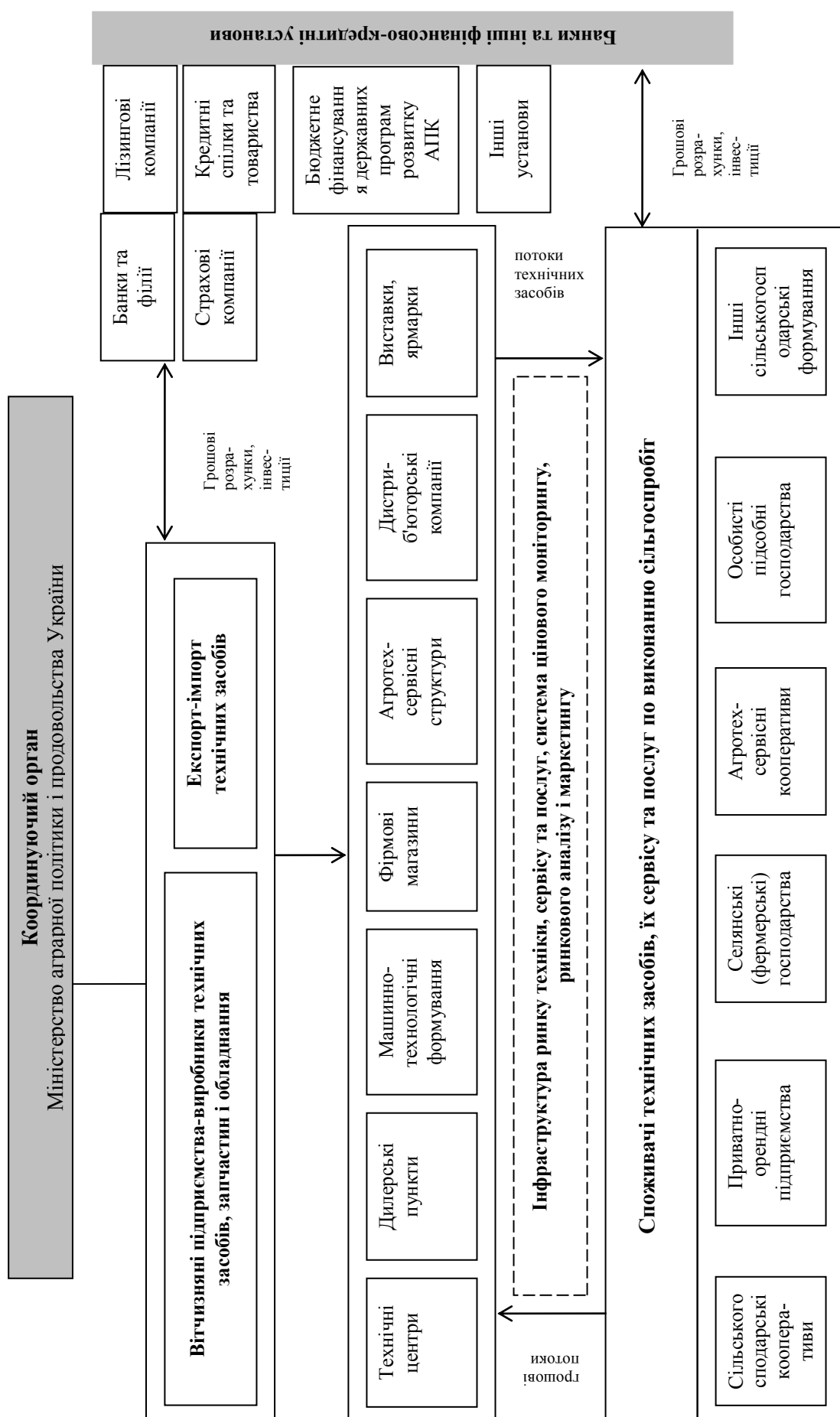


Рис. 1. Схема техніко-технологічного в'язей інженерно-технічного забезпечення АПК.

учасниками його придбання, визначає поведінку контрагентів ринку. Створюються координаційні структури, консультативна та інформаційна підтримка операторів ринку. В сучасних умовах ринок вже не можна уявити без законодавчо-нормативної бази, що формує і регулює процеси, які там відбуваються, та від державного впливу на процес купівлі-продажу.

Учасниками ринку сільськогосподарської техніки і технічного сервісу виступає, з одного боку, сукупність підприємств, що виготовляють і продають машини і обладнання та надають послуги по підтримці їх у робочому стані, а з другого – сільськогосподарські товаровиробники, покупці техніки і її сервісу. До тих, хто виготовляє, відносяться не тільки машинобудівні заводи і підприємства, що займаються виробництвом окремих видів технічних засобів, запасних частин, а й відповідні науково-дослідні та проектні інститути, конструкторські і експериментально-дослідні структури, машинно-випробувальні станції, постачальницькі та ремонтно-обслуговуючі підприємства.

Покупцями техніки і послуг виступають сільськогосподарські кооперативи й товариства, селянські (фермерські) і особисті підсобні господарства, орендні підприємства, машинно-технологічні станції, окремі підприємці, інші сільськогосподарські формування.

У світовій практиці, відповідальність за роботоздатність техніки, протягом усього періоду експлуатації лежить на фірмі-виробнику. Цей принцип закріплено законодавчими актами, які забороняють продаж технічних засобів без організації їх технічного обслуговування через мережу незалежних дилерських підприємств. Близько 90 % компаній-виробників сільськогосподарської техніки у світі діють саме за такими принципами [5]. У такій структурі діє лише три ланки: завод-виробник – дилер – споживач.

Країна ще не втратила досить сприятливих умов для створення та розвитку дилерської мережі на базі агротехсервісних та машинно-технологічних підприємств, які за наявності відповідних угод з заводами-виробниками можуть забезпечити торгівлю технічними засобами та їх технічне обслуговування. Вони ще мають кваліфіковані інженерно-технічні і робітничі кадри, відповідну матеріально-технічну базу для проведення обслуговування машин.

Деякі підприємства сільськогосподарського машинобудування почали створювати свою мережу фірмового обслуговування з метою розширення ринків збуту, збільшення обсягів реалізації тракторів, сільськогосподарської техніки. Наприклад, дилерська мережа ВАТ "ХТЗ" створена в 16 регіонах Російської Федерації, Казахстані – 2, Туркменистані – 1. Реалізація, передпродажна підготовка та ремонт тракторів на внутрішньому ринку здійснюються через

представництва ВАТ "ХТЗ" у 12 областях, а техніко-комерційні центри створені в семи областях України. Дистриб'юторсько-дилерська мережа ВАТ "Червона Зірка", (м. Кіровоград) складається з 16 підприємств в Україні, 6 – в Росії, по 1 – в Казахстані та Молдові. Крім того, продаж техніки ВАТ "Червона Зірка" здійснюють 56 регіональних представництв підприємства в Україні та країнах СНД. Широку дистриб'юторсько-дилерську мережу мають ВАТ "Гідросила" (м. Кіровоград), ВАТ "Вінницький завод тракторних гідроагрегатів", ВАТ "Хмільниксільмаш" та інші. ВАТ "Херсонські комбайни" проводить гарантійне і післягарантійне технічне обслуговування та ремонт зернозбиральних комбайнів виїзними бригадами, а у перспективі, при збільшенні кількості зернозбиральних комбайнів планує створити стаціонарні центри фірмового сервісу.

Аналіз виробничої діяльності підприємств показує, що високі техніко-економічні показники мають саме ті підприємства, які більш, ніж 80 % своєї продукції реалізують через дилерську мережу.

Оскільки підприємствам-виробникам технічних засобів бракує коштів, щоб мати власні дилерсько-сервісні центри по всіх областях України, вони співпрацюють у цьому напрямку з приватними дилерськими структурами, розширюючи межі реалізації виробленої техніки через них. Так, продукцію ВАТ "Харківський тракторний завод" продає 54 фірми, ТОВ "НВП Білоцерків МАЗ" – 26, ВАТ "Червона Зірка" – 15, ВАТ "Новоград-Волинський" – 13 і т. д. Власні центри нині мають тільки ТОВ "Укрзапчастина" – 32 філії та пункти продажу в 24 областях і ВАТ "Завод ім. Фрунзе" – 7.

Дійовим суб'єктом внутрішнього ринку техніки для агропромислового комплексу проявили себе постійні торговельно-виставкові центри у регіонах України. Вони вивчають ринок техніки, проводять її демонстрацію, здійснюють передпродажну підготовку, продаж та транспортування машин, технічне обслуговування і ремонт. Протягом останніх років створені торгово-виставкові центри на базі відкритих акціонерних товариств "Одесасільмаш", "Червона Зірка", "Львіваггореммашпроект". Розпочато роботу щодо створення центру на ВАТ "Херсонські комбайни".

Функціонування ринку техніки, технічних і технологічних послуг без проведення кваліфікованих маркетингових досліджень малоефективне. Маркетингові служби підприємств мають здійснювати управління рухом товарів і послуг від виробника до споживача або користувача, виявляти і аналізувати стан, структуру і місткості ринку в динаміці; планувати та організовувати виробничу, збутову та фінансову діяльність підприємства; реалізовувати механізми ціноутворення; рекламувати власні товари.

Не менш важливе для становлення і розвитку ринку матеріально-технічних ресурсів є його моніторинг та забезпечення споживачів всебічною інформацією про номенклатуру технічних засобів, запасних частин, техніко-економічні характеристики машин, ціни, адреси і телефони заводів-виробників, дилерів та інших посередників, умови придбання. В Україні повноцінного моніторингу і банку даних з ринковою інформацією, створеного за його результатами, ще не має. Сільськогосподарський товаровиробник про номенклатуру, технічну характеристику, вартість машин умови придбання та інше дізнається з різних випадкових джерел. Як правило, інформація далеко не повна, часто суперечлива і завжди важкодоступна. На її пошук і уточнення витрачається багато часу, та і після цього споживач не впевнений, чи не переплачує він, купуючи машину у того чи іншого продавця, і чи задовольнять його її техніко-економічні параметри.

Вважаємо, що інформаційна система могла б бути створена при Департаменті інженерно-технічного забезпечення Міністерства аграрної політики України. З метою поліпшення інформаційної складової ринку техніки було б доцільно передбачити в інженерній службі головних агропромислових управлінь облдержадміністрацій та в районних управліннях необхідне комп'ютерне обладнання технікою для виконання функцій моніторингу техніки.

Для вітчизняної аграрної сфери створення ринку вживаної техніки є привабливим в основному з-за двох чинників. По-перше, організацію ринку вживаної техніки можна здійснити у короткі терміни, і, по-друге, це не потребує залучення великих фінансових і матеріальних ресурсів. В Україні вже склалися об'єктивні передумови для формування ринку уживаної техніки. Але ці процеси мають, здебільшого стихійний характер. Відсутність відповідної інфраструктури (перш за все, координуючої складової та необхідного інформаційного забезпечення потенційних покупців і продавців) обмежують сферу укладання угод, як правило, місцевим або регіональним рівнем, що часто призводить до суб'єктивізму в роботі та сприяє її переведенню „в тінь”.

В умовах лібералізації зовнішньоторговельних відносин вітчизняні сільські товаровиробники мають непогані шанси для виходу на іноземні вторинні ринки матеріально-технічних ресурсів. Але, незважаючи на доволі сприятливі перспективи, ця робота супроводжується певними організаційними труднощами. Головна з них обумовлюється браком вірогідних даних щодо операторів ринку, обсягів пропозицій, номенклатури та якісних характеристик уживаних машин та обладнання через недостатній розвиток інформаційних мереж у суб'єктів господарювання.

Лише той, у кого (за браком власного досвіду) є компетентний консультант або свої співробітники з відповідною кваліфікацією, може всерйоз розраховувати на придбання недорогої, але працездатної техніки за кордоном. Проте й відмовлятися від такої ідеї взагалі – не варто. Є альтернатива: можна звернутися до одного з солідних дилерів імпортової сільськогосподарської техніки у своєму регіоні. Реалізація фірмових машин та обладнання (дуже часто різних виробників) є їх безпосереднім обов'язком. Вони також мають необхідний досвід оформлення угод. Дилери і представники фірм, з одного боку, здатні робити сільгосптоваровиробникам пропозиції, привабливі з погляду якості та ціни, а з іншого – позбавити споживачів техніки морочливих формальностей при закупівлі машин за кордоном.

Останнім часом набули поширення ділові поїздки представників українських сільськогосподарських та агросервісних підприємств до представництв провідних компаній-виробників сільськогосподарської техніки у Європі. Головним організатором таких турів є Закрите акціонерне товариство „Центр ділових поїздок” за сприяння Міністерства аграрної політики, Міністерства промислової політики, Українського союзу промисловців і підприємців, корпорації „Укراгропромбінж”.

При закупівлі сільськогосподарської техніки за кордоном дуже гостро постають проблеми її сервісного обслуговування і забезпечення високого рівня роботоздатності. В Україні нині відзначається значне розширення номенклатури придбаної іноземної техніки одного виду, що стає на перешкоді ефективній організації проведення її технічного обслуговування і ремонту, так як імпортні запчастини є дорогими. Крім того, іноземні виробники техніки практикують крупновузлову заміну агрегатів навіть при незначних пошкодженнях. Разом зі зростанням вартості ремонтних робіт часто це призводить до розтягування термінів їх виконання, що є небажаним у напружені періоди польових робіт. У цій ситуації логічним є налагодження виробництва відповідних запасних частин і комплектуючих виробів в Україні.

Однією з найбільш складних проблем організації ринків уживаної сільськогосподарської техніки в Україні є проблема ціноутворення. Тут необхідним постає визначення тієї „золотої середини”, яка б задовольняла як продавців, інтереси яких полягають в отриманні максимального доходу від угоди, так і покупців, які прагнуть отримати уживану машину у доброму роботоздатному стані за помірну ціну. Аналіз досвіду роботи вторинних ринків сільськогосподарської техніки Німеччини, Франції, Великобританії, США і Канади свідчить, що ціни на уживану техніку

на них коливаються у межах 30–60 % від вартості нових машин відповідних модифікацій. Саме такий діапазон дозволяє підтримувати на прийнятному рівні баланс інтересів як продавців, так і покупців.

Важливим заходом з організації та ефективного розвитку вторинного ринку сільськогосподарської техніки в Україні повинно стати створення загальнодержавного координуючого центру з розгалуженою мережею регіональних, обласних, районних (міжрайонних) відділень. Основні завдання центру повинні полягати у проведенні маркетингових досліджень та моніторингу технічної оснащеності сільськогосподарських підприємств в окремих регіонах та у державі в цілому задля визначення і систематизації потреб в окремих видах сільськогосподарської техніки; розробці схем фінансування та оплати за комісійну техніку та обладнання із залученням провідних українських банків і фінансових груп; пошуку пропозицій потрібної сільгосптехніки за кордоном; підтримці вітчизняних сільгосптоваровиробників під час здійснення закупок за кордоном, підготовці та супроводу контрактів тощо. Районні (міжрайонні) відділення доцільно створювати на базі ремонтно-технічних підприємств, які разом з виконанням робіт з до- і післяпродажного сервісу, залучення фахівців для проведення експертних оцінок і маркетингових досліджень можуть виконувати функції постійно діючих виставок-продажів уживаної сільськогосподарської техніки. Фінансування роботи координаційного центру та його відділень повинно здійснюватися за рахунок комісійних надбавок до вартості контрактів, розмір яких буде обумовлюватися кількістю і змістом основних і додаткових послуг, що надаються замовникам. Ефективність роботи центру (і особливо його відділень на місцях) необхідно оцінювати за обсягом і загальною вартістю укладених угод за певний період (місяць, квартал, рік).

Ціна придбання частково зношеного трактора чи іншої машини або знаряддя для наступного відновлення роботоздатності й реалізації виробнику сільськогосподарської продукції повинна враховувати майбутні витрати на відновлення.

Середні питомі витрати на придбання та підтримання машин відповідно у до відновний та після відновний періоди визначають діленням суми частки її балансової вартості, що припадає на наробіток у до- та післявідновний періоди та витрат на ремонт і технічне обслуговування за цей же період на наробіток або ресурс (в одиницях виміру).

Граничну вартість придбання відновленої машини, яка вигідна для споживача (споживна вартість), визначають як добуток питомих витрат на придбання та утримання нової машини та ресурсу відновленої машини за мінімум витрат на її утримання.

Порівняння питомих витрат на придбання і підтримання машини до і після відновлення дає можливість встановити доцільність придбання вживаної техніки.

Межа вартості, вище якої придбання машини буде невигідним для споживача – коли вартість відновленого технічного засобу буде вищою від вартості залишкового ресурсу.

Отже, вторинний ринок сільськогосподарської техніки аж ніяк не має бути провідною формулою реалізації технічної політики держави в аграрному секторі, однак він є важливим для розв'язання проблеми технічного забезпечення окремих категорій сільськогосподарських товаровиробників і дозволяє:

- збільшити пропозицію техніки на ринку і забезпечити попит споживачів, які не мають достатніх коштів для придбання дорогої нової техніки;
- раціоналізувати розосередження техніки між різними суб'єктами власності та господарювання на селі, між регіонами, природнокліматичними зонами;
- більш ефективно використати деталі, вузли і агрегати списаних машин та механізмів, придатних для відновлення техніки;
- замінити використання власної техніки залученням технічних послуг на умовах оренди, спільної діяльності, кооперації та ін;
- завантажити потужності ремонтних та агротехсервісних підприємств.

Висновки

1. Головними операторами ринку технічних засобів є виробник і споживач. Але відсутність прямого зв'язку між ними через обмежену можливість заводів-виробників безпосередньо обслуговувати продану продукцію викликає об'єктивну необхідність формування ринкової сервісної інфраструктури, яка б забезпечувала доставку машин і обладнання до споживача, передпродажне та подальше їх технічне обслуговування тощо.

Система в ідеалі має складатися з трьох ланок: завод-виробник – дилер – споживач. Завод-виробник реалізуючи виготовлену машину через дилера несе відповідальність за її технічний стан протягом усього періоду експлуатації.

2. Найбільш реальний шлях організації та ефективного розвитку сервісної обслуговуючої діяльності в Україні пов'язаний з відродженням на принципово новій економічній основі зв'язків виробників сільськогосподарської техніки з колишніми формуваннями агропостачу, сільгосптехніки, спеціалізованими ремонтно-технічними підприємствами, що ще збереглися, а також з ефективно функціонуючими машинно-технологічними станціями.

3. Необхідно створити систему моніторингу та інформаційний банк даних, який сконцентрував би відомості про заводи-виробники, номенклатуру їх продукції, її технічні характеристики, ціни, умови продажу, сервіс тощо.

4. В Україні вже склалися об'єктивні передумови для формування ринку уживаної техніки. Але відсутність координуючої складової та необхідного інформаційного забезпечення потенційних покупців і продавців обмежують сферу укладання угод, як правило, місцевим або регіональним рівнем.

Список літератури

1. Мельник І.І. Науковий аналіз та обґрунтування єдиного інформаційно-маркетингового центру інженерно-технічного забезпечення агропромислового комплексу / І.І. Мельник // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: Зб. наук. пр. / УкрНДІПВТ ім. Леоніда Погорілого. - Дослідницьке, 2008. – Вип. 11 (25). – С. 295–304.
2. Проблеми реалізації технічної політики в агропромисловому комплексі / За ред. Я.К. Білоуська. – К.: ННЦ "ІАЕ", 2012. – 215 с.
3. Ружило З.В. Формування інженерних заходів державного регулювання сільськогосподарського виробництва / З.В. Ружило, А.В. Новицький, А.Є. Крамар, А.Ю. Бринзак, О.А. Новицька // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – К., 2013. – Вип. 185, ч. 3. – С. 338–343.
4. Большаков В.Н. Правові засади використання легальних методів моніторингу техніки АПК України / В.Н. Большаков, І.Л. Rogovskiy // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – К., 2013. – Вип. 185, ч. 1. – С. 234–242.
5. О. Сидорчук Системно-технологічні засади створення проектів машинно-тракторного парку сільськогосподарських підприємств / О. Сидорчук // Вісник Львівського національного аграрного університету: Агроінженерні дослідження. Випуск №12. Том 1. – Дубляни: ЛНАУ, 2008. – С. 7–16.
6. Большаков В.Н. Необхідність моніторингу в інноваційній діяльності АПК України в межах правового регулювання / В.Н. Большаков, І.Л. Rogovskiy // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – К., 2013. – Вип. 185, ч. 2. – С. 384–390.
7. Сидорчук О.В. Інженерія машинних систем / О.В. Сидорчук. – Глеваха: ННЦ "ІМЕСГ", 2012. – 263 с.
8. Бойко А.І. Сучасні проблеми забезпечення надійності машин для приготування і роздавання кормів / А.І. Бойко, А.В. Новицький // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка. – Харків: ХНТУСГ, 2010. – Вип. 100. – С. 119–126.
9. Большаков В.Н. Моніторинг техніки – джерело інноваційної політики в АПК України в межах правового регулювання / В.Н. Большаков, І.Л. Rogovskiy // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – К., 2013. – Вип. 185, ч. 3. – С. 334–338.

В статье рассмотрены концептуальные положения и раскрыты исходные данные о функционировании рынков в проекте инженерно-технического обеспечения агропромышленного комплекса.

Проект, обеспечение, инженерия, рынок.

In paper the conceptual positions are reviewed and the input dates about function of markets at design of engineering-technical ensuring of agroindustrial complex are uncovered.

Design, ensuring, engineering, market.

УДК 631.173

МОНІТОРИНГ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ПІДПРИЄМСТВ ТЕХНІКОЮ ДЛЯ КОРМОВИРОБНИЦТВА

**А.В. Новицький, В.О. Соломка, О.В. Соломка,
кандидати технічних наук**

В статті проведено моніторинг забезпечення сільськогосподарських підприємств Київської області технікою для кормовиробництва.

Техніка, моніторинг, машина, кормовиробництво.

Постановка проблеми. Ситуація, яка склалася в Україні у зв'язку з недостатнім рівнем технічного забезпечення сільськогосподарських підприємств, а також високим рівнем морального і фізичного старіння значної частини машин та обладнання, вимагає серйозного державного підходу до здійснення інвестування в модернізацію парку сільськогосподарської техніки. Аналіз тенденцій розвитку тваринництва у світі і, перш за все, в таких країнах, як США, Канада, Великобританія, Франція, Голландія, Японія та інших переконливо показує, що головним фактором вирішення проблеми забезпечення населення продуктами тваринного походження є інтенсифікація галузей тваринництва за рахунок використання високопродуктивних порід тварин і птиці з високим генетичним потенціалом продуктивності, механізації та автоматизації технологічних процесів і операцій, забезпечення фізіологічно комфортних умов утримання, комплексного вирішення питань кормовиробництва та годівлі.

© А.В. Новицький, В.О. Соломка, О.В. Соломка, 2014

В статье рассмотрены концептуальные положения и раскрыты исходные данные о функционировании рынков в проекте инженерно-технического обеспечения агропромышленного комплекса.

Проект, обеспечение, инженерия, рынок.

In paper the conceptual positions are reviewed and the input dates about function of markets at design of engineering-technical ensuring of agroindustrial complex are uncovered.

Design, ensuring, engineering, market.

УДК 631.173

МОНІТОРИНГ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ПІДПРИЄМСТВ ТЕХНІКОЮ ДЛЯ КОРМОВИРОБНИЦТВА

**А.В. Новицький, В.О. Соломка, О.В. Соломка,
кандидати технічних наук**

В статті проведено моніторинг забезпечення сільськогосподарських підприємств Київської області технікою для кормовиробництва.

Техніка, моніторинг, машина, кормовиробництво.

Постановка проблеми. Ситуація, яка склалася в Україні у зв'язку з недостатнім рівнем технічного забезпечення сільськогосподарських підприємств, а також високим рівнем морального і фізичного старіння значної частини машин та обладнання, вимагає серйозного державного підходу до здійснення інвестування в модернізацію парку сільськогосподарської техніки. Аналіз тенденцій розвитку тваринництва у світі і, перш за все, в таких країнах, як США, Канада, Великобританія, Франція, Голландія, Японія та інших переконливо показує, що головним фактором вирішення проблеми забезпечення населення продуктами тваринного походження є інтенсифікація галузей тваринництва за рахунок використання високопродуктивних порід тварин і птиці з високим генетичним потенціалом продуктивності, механізації та автоматизації технологічних процесів і операцій, забезпечення фізіологічно комфортних умов утримання, комплексного вирішення питань кормовиробництва та годівлі.

© А.В. Новицький, В.О. Соломка, О.В. Соломка, 2014

В силу дії багатьох факторів значний економічний потенціал галузі не використовується і на половину, низькою залишається якість тваринницької сировини. На сьогодні потенційні можливості збільшення виробництва молока та яловичини в господарствах населення майже повністю вичерпані, фермерські господарства практично не займаються молочним скотарством. За таких умов лише комплексний системний підхід до вирішення існуючих проблем у скотарстві дасть змогу докорінно змінити ситуацію в цьому сегменті вітчизняного тваринництва. З метою забезпечення продовольчої безпеки держави в частині виробництва молочної продукції, розвитку збільшення експортного потенціалу галузі тваринництва в Україні сформовано Національний проект «Відроджене скотарство» [7]. Одним із шляхів виконання Проекту, повинно стати створення та організація молочних комплексів із повним оборотом стада ВРХ на власній кормовій базі з придбанням техніки для кормовиробництва.

Аналіз останніх досліджень. Важливість якісного технічного забезпечення виробництва, у тому числі й сільськогосподарського, на сьогодні добре усвідомлюється вітчизняними вченими та практиками. Так, питання, пов'язані із забезпеченням господарств сільськогосподарською технікою відображено в дослідженнях [2, 5, 8, 9]. Для реалізації поставлених в статті задач необхідно провести моніторинг забезпеченості сільськогосподарських підприємств технікою. З цією метою можна скористатись інформацією про зміст, задачі та функції моніторингу в різних галузях економіки, яка висвітлювалась в багатьох наукових дослідженнях [3, 4, 6]. Важливість використання різних методів моніторингу підтверджується науковими розробками теоретичного і методичного характеру. В останні роки моніторинг відноситься до однієї з головних функцій державного регулювання розвитку аграрного сектора і передбачає створення системи спостереження, збирання, обробки, зберігання, передавання та аналізу показників розвитку підприємств [1].

Для аналізу забезпеченості аграрних підприємств машинами та обладнанням ефективно може бути використана технологія моніторингу [6], яка реалізується через наступні структурні етапи: створення моделі моніторингу, збирання даних; опрацювання даних; аналіз даних; оцінка результатів моніторингового дослідження; прогнозування розвитку економічного потенціалу.

Виходячи з технології проведення моніторингових робіт, в науковій статті [4] розглядаються традиційна, автоматизована, інтерактивна та автоматична системи моніторингу. Для аналізу забезпеченості сільськогосподарських підприємств технікою

ефективно можуть бути використані як традиційна (збирання, опрацювання і видача інформації, яка виконується оператором без застосування будь-яких засобів автоматизації), так і автоматизована (збирання, передавання, опрацювання, накопичення і видача результатів з використанням сучасних інформаційних технологій) системи.

Дещо в іншому розрізі розглянуто особливості основних напрямків моніторингу в статті [3]. Автори статті вказують на необхідність використання моніторингу в інноваційній діяльності АПК України в межах правового регулювання. Тобто моніторинг відкритих джерел, як зазначається в статті, в тому числі й інтернет-трафіків є легальним видом інформаційної діяльності і повинен проводитися для підвищення ефективності агропромислового комплексу України [3]. Проведений аналіз вказує на необхідність використання основних принципів та систем моніторингу при дослідженні забезпеченості та стану техніки в різних галузях сільськогосподарського виробництва з метою відновлення матеріально-технічної бази АПК.

Метою досліджень є проведення моніторингу забезпеченості сільськогосподарських підприємств Київської області технікою для кормовиробництва на основі аналізу законів України, Державних програм, статистичної інформації та літературних джерел.

Результати досліджень. Виходячи з проведеного аналізу та мети досліджень, моніторинг забезпеченості технікою для кормовиробництва – це система спостережень за станом та кількісним складом техніки. Моніторинг здійснюється з допомогою збирання, обробки, збереження, передавання та аналізу інформації, формування висновків і пропозицій про стан техніки, прогнозування його змін і розроблення науково обґрунтованих рекомендацій для прийняття рішень щодо запобігання втрати працездатності та забезпечення надійності. Збирання вихідної інформації проводиться за показниками, які характеризують наявність і стан техніки для забезпечення сільськогосподарських підприємств. Результати моніторингу представляються у вигляді індикаторів, значення яких можна отримати з допомогою обробки вихідної інформації, аналітичних таблиць і діаграм [7, 10].

Проведемо моніторинг забезпеченості сільськогосподарських підприємств Київської області технікою для кормовиробництва, використавши наступні індикатори (табл. 1). За даними Головного управління статистики у Київській області [10], станом на 1 січня 2013 р. в столичному регіоні у користуванні сільськогосподарських підприємств для забезпечення кормовиробництва нараховувалось: 478 кормозбиральних комбайнів, включаючи 147 самохідних, 677

сінокосарок, включаючи 520 тракторних та 442 прес-пакувальники та прес – підбирачі.

1. Основні індикатори для моніторингу забезпечення молочного скотарства Київської області технікою для кормовиробництва на 1 січня 2013 р. [10].

Види обладнання	Надійшло протягом року, всього	Вибуло протягом року			Наявність на кінець року, всього
		всього	у т.ч. списано по зносу	частка списаних, %	
Комбайни кормозбиральні, включаючи причіпні	22	61	27	5,2	478
у т.ч. самохідні кормозбиральні комбайни	9	23	12	7,5	147
Сінокосарки - всього	77	66	26	3,9	677
у т.ч. сінокосарки тракторні	56	41	16	3,2	520
Прес-пакувальники, включаючи прес-підбирачі	68	24	10	2,5	442

Аналіз табл. 1 показує, що для представлених видів машин частка списаних в 2012 році становила від 2,5 до 7,5%, в той час як надходження протягом року нових машин – від 4,6 до 15,3%. Слід також відмітити, що найбільша кількість машин, які вибули протягом року в результаті зносу це: самохідні кормозбиральні комбайни 7,5%. Серед машин, які забезпечують кормовиробництво і в найбільшій кількості надійшли протягом 2012 року в сільськогосподарські підприємства Київщини – це прес-пакувальники, включаючи прес-підбирачі (15,3%) та сінокосарки (11,3%). Сільськогосподарські підприємства області в переважній більшості укомплектовані такими кормозбиральними комбайнами: «Білоцерківсільмаш», включаючи КРП-Ф-2 «Рось-2» та КПИ-Ф-2,4А; Гомсільмаш, включаючи К-Г-6 «Полісся» та КДП 3000 «Полісся»; «Охтирсьільмаш» КРП-1,5; «Борекс» КЗК-4,2». Проведемо також аналіз забезпеченості сільськогосподарських підприємств Київської області років технікою для кормовиробництва за останні п'ять років [7, 10]. Стан технічного забезпечення сільськогосподарських підприємств Київській області технікою для кормовиробництва за останні роки значно погіршився. В 2013 р. у порівнянні з 2010 р. надходження кормозбиральних комбайнів у сільськогосподарські

підприємства області скоротились на 177 штук, сінокосарок на 125 штук.

2. Основні показники ефективності забезпечення сільськогосподарських підприємств Київської області технікою для кормовиробництва.

Показники	Одиниці виміру	Роки			
		01.01. 2010	01.01. 2011	01.01. 2012	01.01. 2013
Поголів'я великої рогатої худоби	тис. голів	150,6	148,3	154,9	146,6
У тому числі корів	тис. голів	80,3	79,3	78,6	76,9
Валовий надій молока	тис. т	197	196	210,0	214,9
Надій молока на корову	кг	5112	5295	5691	5841
Кукурудза на силос і зелений корм	тис. т	544,7	704,3	574,5	731,66
	тис. га	29,4	27,0	25,9	23,66
Однорічні трави на сіно	тис. т	38,5	34,7	38,8	41,2
	тис. га	12,2	11,1	11,4	11,47
Багаторічні трави на сіно	тис. т	61,9	68,8	69,8	67,1
	тис. га	23,2	22,8	20,7	21,1
Сумарна площа під кормовими культурами	га	64,9	60,9	58,0	56,23
Комбайни кормозбиральні, включаючи причіпні	шт.	655	607	540	478
у т.ч. самохідні кормозбиральні комбайни	шт.	-	175	173	147
Припадає кормозбиральних комбайнів на 1000 га	шт.	10,1	9,9	9,3	8,5
Сінокосарки – всього		-	700	652	677
у т.ч. сінокосарки тракторні	шт.	645	528	497	520
Припадає сінокосарок на 1000 га	шт.	9,9	8,7	8,6	9,2
Прес-пакувальники, включаючи прес-підбирачі	шт.	-	334	339	442
Припадає прес-пакувальників на 1000 га	шт.	-	5,6	5,8	7,8

Динаміка скорочення парку основних машин для кормовиробництва за останні роки (згідно табл. 2) свідчить про постійне зменшення кількості техніки. Виняток становить лише минулий, 2013 рік, коли відмічене збільшення кількості прес-пакувальників та сінокосарок, які надійшли у сільськогосподарські підприємства області, відповідно на 23,3% та 4,4%. Різке погіршення технічної оснащеності підприємств області призвело до значного скорочення посівних площ кормових культур. За 2010-2013 рр. посівна площа під кормовими культурами зменшилась на 13,4 %.

Кількість кормозбиральних комбайнів на 1000 га посівів кормових культур знизилась із 10,1 до 8,5 шт. Щодо сінокосарок, то їх кількість практично не змінилась на 1000 га посівів кормових, а прес-пакувальників – збільшилась із 5,6 до 7,8 шт.

Слід відмітити відносно стабільний валовий збір основних кормових культур за останні 3 роки (табл. 2). Разом з тим, кількісне зменшення парку техніки для кормовиробництва та зростання валового збору кормових культур призводить до збільшення на неї навантаження та інтенсивного її зносу.

Беручи до уваги, що згідно прогнозів, які сформовані в Національному проекті [7], загальний обсяг бюджетних витрат на реалізацію проекту в період 2011 – 2015 р.р. буде складати 16,7 млрд. грн., будемо сподіватись, що буде належно реалізований напрям забезпечення сільськогосподарських підприємств комбайнами та обладнанням для кормовиробництва. У відповідності з планом фінансування, державою передбачено 1,3 млн. грн. на 1000 корів (0,85 млн. грн. на 400 корів) при безприв'язній системі утримання тварин з доїнням корів у доїльному залі направити на забезпечення технікою для кормовиробництва.

Виходячи з представленого дослідження та проаналізованих джерел, можна підтвердити основні технічні і технологічні вимоги до машин та обладнання для кормовиробництва, та вимоги з позицій забезпечення їх надійності. Технічні вимоги передбачають підвищення багатofункціональності та продуктивності техніки. Технологічні вимоги включають: впровадження сучасних технологій, які забезпечать підвищення коефіцієнта надійності технологічного процесу до 0,99 та коефіцієнта використання робочого часу до 0,8 – 0,85 і вище; розширення застосування технологій дистанційного керування і контролю за роботою техніки, забезпечення техніки безпеки під час роботи машин, обладнання та обслуговуючого персоналу. Щодо вимог надійності, особлива увага звертається на підвищення напрацювання на відмову, зниження трудомісткості технічного обслуговування і ремонту, підвищення терміну служби техніки до 10 – 12 років.

Висновок. Запровадження в практику запропонованої нами методології моніторингу стану забезпечення сільськогосподарських підприємств технікою для кормовиробництва є одним із напрямів відновлення та розвитку матеріально-технічної бази АПК. Слід відмітити, що важливою умовою формування ринку кормозбиральної техніки є державне регулювання економічних відносин, яке направлене на стимулювання продукції тваринництва і рослинництва, підвищення попиту на комбайни, сільськогосподарські машини та обладнання.

Список літератури

1. Абухамедех А. Класифікація методів економічного моніторингу логістичної системи / А. Абухамедех, Д.А. Бесараб // Економіка підприємства та управління виробництвом. – 2011. – №2. – С. 20–22.
2. Азарков В.Л. Развитие рынка сельскохозяйственной техники: автореф. дис. ... кандидата эконом. Наук : 08.00.05 / Азарков Василий Леонидович. – М., 2005. – 27 с.
3. Большаков В.Н. Моніторинг техніки – джерело інноваційної політики в АПК України в межах правового регулювання / В.Н. Большаков, І.Л. Роговський / Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – К., 2013. – Вип. 185, ч. 3. – С. 334–338.
4. Галіцин В.К. Технологія моніторингу економічного об'єкта / В. Галіцин // Моделювання та інформаційні системи в економіці. – 2002. – № 67. – С. 5–15.
5. Іванишин В.В. Стратегічні напрямки розвитку сільськогосподарського машинобудування в Україні / В.В. Іванишин // Економіка АПК. – 2005. – № 1. – С. 3–8.
6. Мороз Ю.Ю. Теоретико-методологічні основи побудови системи моніторингу економічного потенціалу сільськогосподарських підприємств / Ю.Ю. Мороз / Стратегічні напрями і пріоритети формування конкурентоспроможності аграрного сектору // Матеріали конференції молодих вчених-економістів, 24 листопада 2010 р. – Житомир: Вид-во ЖНАЕУ, 2010. – С. 8–10.
7. Національний проект «Відроджене скотарство». – К.: ДІА, 2011. – 44 с.
8. Прокопишин О. Техніко-технологічна оснащеність фермерських господарств Львівської області / О. Прокопишин // Вісник Львівського національного аграрного університету : економіка АПК. – 2010. – № 17(2). – С. 36–41.
9. Пивовар П.В. Сучасний стан технічного потенціалу сільськогосподарських підприємств Житомирської області / П.В. Пивовар / Матеріали конференції молодих вчених-економістів. – Житомир: Вид-во ЖНАЕУ, 2010. – С. 8–10.
10. Статистичний бюлетень Ф6М «Наявність сільськогосподарської техніки та енергетичних потужностей у сільському господарстві в 2010 (2011, 2012, 2013) році.

В статье проведен мониторинг обеспеченности сельскохозяйственных предприятий Киевской области техникой для кормопроизводства.

Техника, мониторинг, машина, кормопроизводство.

In paper the security monitoring of agricultural enterprises of Kiev region equipment for fodder.

Equipment, monitoring, machine, fodder.

ДО ВИГОТОВЛЕННЯ СТАЛЕФІБРОБЕТОННИХ КІЛЕЦЬ ВЕРТИКАЛЬНОГО ВІБРОПРЕСУВАННЯ ЗІ ЗМІШАНИМ АРМУВАННЯМ

М.О. Давиденко, кандидат технічних наук

В статті приведені результати розрахунку тривимірної комп'ютерної моделі стінового кільця діаметром 2500 мм, висотою 1200 мм для розробки технічної документації з армування стінових кілець зі сталевую фіброю і одинарною металевою сіткою, замість двох у відповідності з вимогами вітчизняних норм.

Кільце, вібропресування, армування, виготовлення.

Постановка проблеми. Використання подвійного кільцевого армування при виготовленні залізобетонних стінових кілець діаметром 2500 мм є нераціональним із-за складності виготовлення каркасів і збільшення товщини захисного шару бетону.

Аналіз останніх досліджень. Вирішення даної проблеми може бути виконано за допомогою сталеві фібри [1, 2]. Для розробки технічної документації з армування стінових кілець діаметром 2500 мм, висотою 1200 мм зі сталевую фіброю і одинарною металевою сіткою, замість двох у відповідності з вимогами ГОСТ 8020 [3], необхідно було виконати розрахунки стінового кільця з розробкою комп'ютерної моделі при відповідному сполученні навантажень. Вихідні дані для проведення робіт були представлені ВАТ «Комбінат Будіндустрія» (м. Київ) у вигляді окремих ескізів.

Мета досліджень. Обґрунтувати технологію виготовлення сталевіфібробетонних кілець вертикального вібропресування зі змішаним армуванням.

Результати досліджень. Розрахунок тривимірної комп'ютерної моделі стінового кільця діаметром 2500 мм, висотою 1200 мм виконані за допомогою програмного комплексу «Ліра-Windows», версія 9.4. При створенні моделі був використаний універсальний прямокутний елемент оболонки. Результатами розрахунку для пластин є мембранні напруження та напруження згину. Розрахункова схема кінцево-елементної моделі прийнята у вигляді циліндричної оболонки поверхні обертання, яка складається з пластинчастих елементів оболонки обертання. У розрахунку стінового кільця були враховані експлуатаційні навантаження,

© М.О. Давиденко, 2014

зазначені в табл. 1. Постійні навантаження від власної ваги конструкції стінового кільця прийняті згідно креслень, наданих замовником.

1. Навантаження, прикладені до тривимірної комп'ютерної моделі.

№ п.п.	Найменування і вид навантаження	Величина навантаження (нормативна), кН	Коефіцієнт надійності за навантаженням	Величина навантаження (розрахункова)
1	Власна вага конструкцій	Враховується при розрахунку моделі	1,1	
2	Навантаження від кришки колодязя	24	1,1	26,4
3	Вертикальний і бічний тиск ґрунту обсіпання на глибині 4,6 м	8,28	1,3	10,76

Загальний вид комп'ютерної моделі стінового кільця показаний на рис. 1, фрагмент моделі з величинами навантаження від ваги вище розташованих кілець і тиску ґрунту.

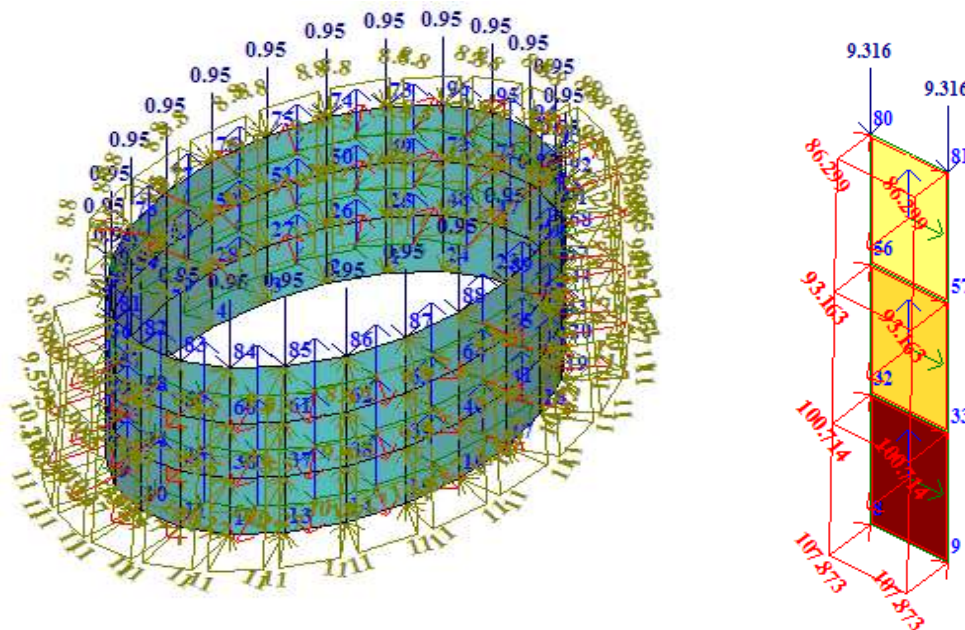


Рис. 1. Загальний вигляд і фрагмент комп'ютерної моделі стінового кільця.

Деформована схема і розподіл горизонтальних напружень в стіновому кільці наведені на рис. 2. У результаті розрахунку комп'ютерної моделі стінового кільця встановлено: максимальні

напруження в горизонтальному (кільцевому) напрямку складали: $N_x = -1194,89 \text{ кН/м}^2$; максимальні напруження у вертикальному напрямку складали: $N_y = -225,52 \text{ кН/м}^2$; максимальний момент в горизонтальному напрямку: $M_x = 0,294 \text{ (кН}\cdot\text{м)/м}$; максимальний момент у вертикальному напрямку: $M_y = 1,489 \text{ (кН}\cdot\text{м)/м}$.

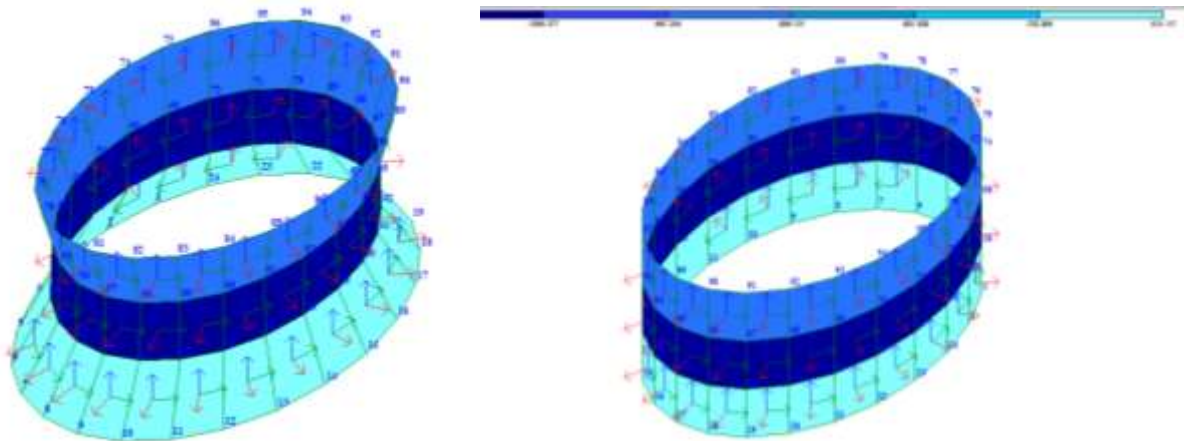


Рис. 2. Деформована схема і розподіл горизонтальних напружень в стінному кільці.

Підбір армування стінового кільця виконаний з використанням програмного модуля "ЛІР-АРМ" на дію максимальних напружень в горизонтальному (кільцевому) напрямку ($N_x = -1194,89 \text{ кН/м}^2$) і згинального моменту, що діє в горизонтальному напрямку $M_x = 0,294 \text{ (кН}\cdot\text{м)/м}$ (горизонтальне армування); а також на дію максимальних напружень у вертикальному напрямку ($N_y = -225,52 \text{ кН/м}^2$) і максимального моменту, що діє у вертикальному напрямку $M_y = 1,489 \text{ (кН}\cdot\text{м)/м}$ (вертикальне армування).

Для пластинчастих елементів, якими моделюється оболонка стінового кільця, розрахована арматура в двох напрямках на погонний метр довжини: AS1 – площа арматури вздовж осі X_1 ; AS2 – площа арматури вздовж осі Y_1 .

Армування стінового кільця за результатами розрахунку наведено в табл. 2 в порівнянні з серією 3.900.1-14. Міцність бетону стінового кільця класу C20/25 при стисненні становить $R_b = 14,5 \text{ МПа} > 11,94 \text{ МПа}$ напруження в горизонтальному (кільцевому напрямку).

Проведенные исследования дают основание для выполнения армирования стальной фиброй стеновых колец диаметром 1000 мм. Для армирования стеновых колец диаметром 2500 мм, высотой 1200 мм, выпускаемых ОАО «Комбинат Стройиндустрия» использование одной лишь стальной фибры недостаточно. Рационально выполнять смешанное армирование стальной фиброй и одинарным металлическим каркасом, вместо двух по ГОСТ 8020 [3].

2. Результати розрахункового армування стінового кільця.

Найбільш навантажений елемент (ділянка)	Армування, визначене за розрахунком	Армування КС 25.12, згідно серії 3.900.1-14 (для порівняння)
Арматура уздовж осі X_1 (кільцева)		
72 елемент	C1Ø 8, S= 200 мм (1,26 см ²)	C 32 Ø5/250 AIII (1,96 см ²)
		C 17 Ø10/150 AIII (2,36 см ²)
Арматура уздовж осі Y_1 (вертикальна)		
72 елемент	C1 Ø 8, S= 200 мм (1,26 см ²)	C 32 Ø10/150 AIII (29,82 см ²)
		C 17 Ø5/250 AIII (3,136 см ²)

На основаниі проведених досліджень розроблена технічна документація по армуванню стальної фіброю і одинарним металевим каркасом стенових кілець Ø 2500 мм, висотою 1200 мм.

Висновок. Проведені дослідження дають підставу для виконання сталевих армувань фіброю стінових кілець діаметром 1000 мм. Для армування стінових кілець діаметром 2500 мм, висотою 1200 мм, що випускаються ВАТ «Комбінат Будіндустрія» використання однієї лише сталеві фібри недостатньо. Рационально виконувати змішане армування сталеві фібри і одинарним металевим каркасом, замість двох по ГОСТ 8020 [3]. На підставі проведених досліджень розроблена технічна документація по армуванню сталеві фібри і одинарним металевим каркасом стінових кілець Ø 2500 мм, висотою 1200 мм.

Список літератури

1. 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.
2. 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.
3. Конструкции бетонные и железобетонные для колодцев канализационных, водопроводных и газопроводных сетей. Технические условия. ГОСТ 8020-90.— [Введ. с 01.07.90]. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 9 с.

В статье приведены результаты расчета трехмерной компьютерной модели стенового кольца диаметром 2500 мм, высотой 1200 мм для разработки технической документации по армированию стеновых колец со стальной фиброй и одинарной металлической сеткой, вместо двух в соответствии с требованиями отечественных норм.

Кольцо, вибропрессовка, армирование, изготовление.

The paper presents the results of calculation of three-dimensional computer model of wall rings of diameter 2500 mm, height 1200 mm for the development of technical documentation for reinforcing of wall rings with steel fiber and single metal grid, instead of two, in accordance with national standards.

Wall rings, vibropressing, reinforcing, production.

УДК 631.1

ІНЖЕНЕРНИЙ МОНІТОРИНГ В МЕЖАХ ПРАВОВОГО РЕГУЛЮВАННЯ ІННОВАЦІЙНОЇ ПОЛІТИКИ АПК УКРАЇНИ У ВИКОРИСТАННІ БІОРЕСУРСІВ

В.Н. Большаков, кандидат юридичних наук

І.Л. Роговський, кандидат технічних наук

У статті розглядається вплив правового регулювання методів моніторингу сільськогосподарської техніки на ефективність інноваційної політики АПК України.

Моніторинг, метод, техніка.

Постановка проблеми. Згідно визначення: моніторинг – (контролювати, застерігати, перевіряти) – збирання інформації, даних в засобах масової комунікації, ведення радіоперехоплення [1].

Загальновідомо, що згідно визначення – інформаційна діяльність це збирання інформації, аналіз та її розповсюдження в межах правового регулювання. Також, як відомо, згідно визначення – розвідувальна діяльність це збирання інформації, аналіз та її обробка для використання у державних структурах [2-6].

Таким чином – моніторинг – це кваліфікований вид інформаційної діяльності в межах правового регулювання [7-14].

В статье приведены результаты расчета трехмерной компьютерной модели стенового кольца диаметром 2500 мм, высотой 1200 мм для разработки технической документации по армированию стеновых колец со стальной фиброй и одинарной металлической сеткой, вместо двух в соответствии с требованиями отечественных норм.

Кольцо, вибропрессовка, армирование, изготовление.

The paper presents the results of calculation of three-dimensional computer model of wall rings of diameter 2500 mm, height 1200 mm for the development of technical documentation for reinforcing of wall rings with steel fiber and single metal grid, instead of two, in accordance with national standards.

Wall rings, vibropressing, reinforcing, production.

УДК 631.1

ІНЖЕНЕРНИЙ МОНІТОРИНГ В МЕЖАХ ПРАВОВОГО РЕГУЛЮВАННЯ ІННОВАЦІЙНОЇ ПОЛІТИКИ АПК УКРАЇНИ У ВИКОРИСТАННІ БІОРЕСУРСІВ

В.Н. Большаков, кандидат юридичних наук

І.Л. Роговський, кандидат технічних наук

У статті розглядається вплив правового регулювання методів моніторингу сільськогосподарської техніки на ефективність інноваційної політики АПК України.

Моніторинг, метод, техніка.

Постановка проблеми. Згідно визначення: моніторинг – (контролювати, застерігати, перевіряти) – збирання інформації, даних в засобах масової комунікації, ведення радіоперехоплення [1].

Загальновідомо, що згідно визначення – інформаційна діяльність це збирання інформації, аналіз та її розповсюдження в межах правового регулювання. Також, як відомо, згідно визначення – розвідувальна діяльність це збирання інформації, аналіз та її обробка для використання у державних структурах [2-6].

Таким чином – моніторинг – це кваліфікований вид інформаційної діяльності в межах правового регулювання [7-14].

Аналіз останніх досліджень. Необхідно відмітити, що у США витрати на економічну розвідку (інформаційну діяльність, моніторинг) складають майже 40 % бюджету спецслужб.

Так, наприклад, директор ЦРУ особисто керує роботою з розширення нетрадиційної агентури, а акценти робляться на вербування бізнесменів і менеджерів середнього рівня, яких навчатимуть забезпеченню конспірації «дистанційним способом» і впроваджуватимуть у транснаціональні компанії. А у вищих навчальних закладах США вже більше 30 років вченим, аспірантам і студентам викладається понад 100 курсів з різних питань розвідки [2]. Тобто, інженер США має початкову підготовку з моніторингової (інформаційної, розвідувальної) діяльності [3].

Важливість моніторингових дій для економіки будь-якої країни підтверджується тим, що день за днем приватні корпорації і держслужби у пошуках тих чи інших об'єктів обробляють безмежні бази даних В Німеччині практично всі бізнесмени за результатами будь-якої своєї закордонної поїздки представляє звіт уніфікованої форми у відповідний департамент поліції, якій дозволяє вести комп'ютерну обробку та накопичення значних масивів специфічної інформації [4].

На сучасному етапі розвитку суспільства існує глобальна електронна система дослідження електромагнітних хвиль в атмосфері – «Ешелон» Проект глобальної електронної системи дослідження електромагнітних хвиль в атмосфері був розроблений Агентством національної безпеки США ще у 1971 році. З його допомогою були отримані безмежні можливості перехоплення та оперативної обробки інформації у будь якій точці земної кулі, для чого на нижні коло земні орбіти була виведена ціла група супутників-досліджень електромагнітних хвиль в атмосфері (шпигунів). Їх дублюють розміщені по всьому світу величезні параболічні антени, що сканують радіоефір, і центри контролю Інтернет-мереж в США і Європі. Всі ці компоненти включені у єдину мережу – це і є «Ешелон» [5].

Загальновідомо, що у 1967 році військово-морські сили Північної Кореї здійснили незаконний напад на спеціалізоване судно «Пуебло» яке, знаходячись у нейтральних водах, здійснювало радіоперехоплення (моніторинг електромагнітних коливань) у напрямку Північної Кореї тобто проводило законну інформаційну діяльність. Зазначене свідчить про законність радіоперехоплень (досліджень електромагнітних коливань) при умові відсутності порушень територіальних меж [6].

В зв'язку з тим, що на зазначеному морському судні існує параболічна антенна, що сканує радіоефір, воно відноситься до

системи «Ешелон». Також, необхідно відмітити, що директор ЦРУ США Девід Петреус нещодавно публічно оцінив виключну корисність нових «побутових» технологій для шпигунства. По його словах, нові онлайн – пристрої це скарбниця даних для його відомства. Якщо раніше шпигунам приходилося займатися небезпечним стеженням та намагатися розставити підслуховуючі пристрої у всіх місцях, де може знаходитися людина, що цікавить розвідку, то сьогодні ситуація кардинально змінилася, з появою «розумних домів», геоприв'язаних даних (з фото у соціальних мережах, смартфонів, навігаторів тощо) ЦРУ у режимі реального часу може отримувати велику кількість корисних даних: від розміщення людини до таємної знімання через камеру мобільного телефону чи ноутбука.

Петреус підкреслив, що побутові пристрої «змінюють наші представлення про таємницю, особисту інформацію та таємність». ЦРУ має багато юридичних обмежень по відношенню до шпигунства за іноземними, і особливо за американськими, громадянами. Але збирання даних щодо геолокації, інтернет-статистики, тощо – це «сіра зона», де можна діяти вільно. Виробники устаткування збирають величезну кількість даних, і уряду дуже легко стежити за людьми [7]. Зараз «Ешелон» це тисячі агентів США, Канади, Великобританії і Нової Зеландії, кораблі та літаки електронної розвідки, супутники, радары, тощо [5]. Тобто система «Ешелон» засіб, що дозволяє законно отримувати інформацію шляхом перехоплення, тому що перехоплення здійснюється з нейтральних територій. На сучасному етапі розвитку суспільства космічна та аерофотозйомка також є законною.

Мета досліджень. Зазначене свідчить про те, що для правового регулювання моніторингової (інформаційної) діяльності в АПК України необхідний системний аналіз законності використання видів інформаційної діяльності.

Результати досліджень. Пропонується перелік джерел інформації у порядку їх надійності:

1. Перехоплення. Оцінка «Цілком таємно». Вища оцінка важливості.
2. Захоплені документи.
3. Виявлення координат морських суден.
4. Аерофотозйомка.
5. Виявлення морських суден екіпажами літаків.
6. Інформація, що отримується від агентів та дружніх інформаційних служб. Оцінка по різному. Завжди «Таємно».
7. Допит військовополонених і прослуховування записів розмов серед військовополонених.

8. Висновки на основі системного аналізу інтенсивності і характеру радіозв'язку.

9. Аналіз відкритих повідомлень конкурента (противника), направлення і характер його пропаганди, читання преси і інших відкритих джерел противника і нейтральних країн.

10. Натяки і факти з поштових листів.

11. Топографічна і технічна інформація з відкритих джерел. Наприклад офіційний контакт з інженером, який знає устрій воріт шлюзу в Сен-Назер.

12. Інформація, що отримується від спостерігачів дружніх і нейтральних країн (дипломатичні і консульські працівники, комерційні представники, члени екіпажів риболовних та торгових суден).

13. Технічна і тактична інформація, що збирається вітчизняними і дружніми спостерігачами, що спостерігають за діями технічних засобів при їх експлуатації.

14. Виявлення противника торговими судами.

15. Повідомлення моряків з потоплених суден.

16. Інформація, що поступає з інших інформаційних відомств.

17. Вказівки, що передаються своїм агентам інформаційною службою опонента, які працюють під контролем [8].

В результаті системного аналізу правового статусу зазначеного переліку джерел інформації встановлено, що з вищенаведених джерел: №№ 1, 3-5, 8-11, 13-17 інформація може бути отримана легальним шляхом.

З них джерела №№ 1, 4, 8, 9, 11, 13, 16 подають інформацію, необхідну для АПК України. При цьому необхідно відмітити, що в зв'язку з тим, що джерела № 1, 4, 8, 11, 13, 16 є елементами системи «Ешелон», тобто використовують засоби перехоплення і тому по надійності як джерела, що подають інформацію законними шляхом більш гарантовані, ніж джерело №6, (Інформація, що отримується від агентів та дружніх інформаційних служб. Оцінка по різному. Завжди «Таємно»), що є класичним розвідувальним джерелом. Надійність джерела №9 на сучасному етапі розвитку суспільства завжди перевіряється науковими, технічними і експертними дослідженнями (методи перехресної перевірки інформації). Підтвердження необхідності встановлення ролі моніторингу, в межах правового регулювання, при проведенні інноваційної політики в використанні біоресурсів в АПК України є наступне. У Бразилії існує незалежне державне агенство EMBRAPA. Воно аналізує ринкові тенденції, прогнозує попит, видає виробникам рекомендації відносно того, що краще посяти в цьому році, а що через рік. Для усників сільськогосподарського ринку така підтримка є

більш цінною, ніж будь-яка дотація чи пільги. Найбільш перспективні (привабливі) галузі створення продукту – хліб і надра. [9]. Проведене в у даній роботі дослідження свідчить про те, що здійснення функцій агентства EMBRAPA не можливе без проведення моніторингової діяльності з використанням джерел інформації №№ 1, 4, 8, 9, 11, 13, 16 з переліку, що в цій роботі досліджувався.

Так прикладом проведення моніторингової діяльності з використанням джерела інформації № 9 є наступне: з глобальної точки зору у світі існує п'ять країн, які є лідерами у виробництві сільськогосподарської продукції. Їх можна умовно поділити на дві групи. В першу входять Росія і Бразилія, де крім АПК успішно працюють і інші індустріальні галузі, які грають ведучу роль у розвитку національної економіки. Наступні три країни – Україна, Аргентина і Казахстан. До перспективних, на погляд Річарда Фергюссона, до дуже перспективних відносяться акваферми, де розводять рибу та морські та річкові продукти, вирощування лісу. Виробництво рису менш ефективне, ніж виробництво зерна [10].

Практики інформаційної (моніторингової) діяльності висловлюють думку про те, що для отримання необхідної інформації в межах ефективної законної інформаційної (моніторингової) діяльності краще всього використовувати комбінацію кількісних методів інтерв'ю з неявними і непрямими методами отримання інформації (бесіди з непрямим умислом), тому що в цьому випадку можна добитися більш глибокого розуміння проблеми, що досліджується [11-14].

Дж. П. Херрінг для визначення ключових інформаційних тем моніторингу адаптував аналогічну процедуру, що використовується службою національної безпеки для потреб бізнесу.

Інформаційна (моніторингова) діяльність використовує два способи отримання інформації: 1) отримання інформації на основі даних про технології і техніку; 2) отримання інформації на основі даних про бізнес.

Ці дані збираються, упорядковуються і аналізуються перетворюючись таким чином у розвідувальні (інформаційні) дані про конкурента. Слід зауважити, що пропонуються методи отримання інформації про бізнес і ніде – про технології і техніку.

Моніторингова діяльність повинна знаходитися на найвищому рівні в ієрархії компанії, тому що у неї основотвірна роль. Тому виконує стратегічну, а не тактичну функцію. Моніторинговій діяльності повинно надаватися більше значення, ніж маркетингу, тому що якщо стратегія розроблена невірно, будуть викладатись значні грошові суми на помилкові ідеї.

В нашій країні основними напрямками моніторингу в АПК України є виявлення напрямку розвитку АПК розвинених країн, виявлення основних технологій АПК для цього напрямку, виявлення особливостей цих технологій з використанням інформаційних джерел №№ 1, 4, 8, 9, 11, 13, 16 з переліку, що досліджувався в даній роботі. При цьому необхідно відмітити, що в змісті інформаційного джерела № 9 існує метод отримання інформації (бесіди з непрямым умислом), якій відомі фахівці вважають найбільш ефективним методом моніторингу.

Зазначене також є підтвердженням необхідності створення в АПК України підрозділів з моніторингу (інформаційної діяльності в межах правового регулювання.) При цьому на основі системного аналізу досвіду розвинених зарубіжних країн доведено, що для створення таких підрозділів у вищих навчальних закладах, наприклад в НУБіП України, повинні бути створені такі навчальні дисципліни як «Моніторингове право», «Моніторингова діяльність», «Види інформаційної діяльності – моніторинг, бенчмаркінг, призма ефективності, контролінг, консалтинг», «Історія моніторингової діяльності».

Висновок. Повинна бути підготовка у інженера в галузі основ права, однак із навиками системного аналізу на базі моніторингу отриманої інформації в галузі техніки.

Список літератури

1. *Комлев Н.Г.* Словарь иностранных слов / *Н.Г. Комлев.* – М.: ЭКСМО-Пресс, 1999. – С. 670.
2. *Бугренко Григорій.* Промислове шпигунство / *Григорій Бугренко* // Камуфляж. – №1. – 2010. – С. 7–9.
3. *Анализ сложных событий* // Популярная механика. – № 5. – 2010. – С. 33.
4. *Водолеев Г.* Люди и спецслужбы / *Г. Водолеев.* – Санкт-Петербург: Азбука-классика, 2008. – С. 153, С. 447.
5. *Использование современных гаджетов в разведке* // ЗВО. – №5. – 2012. – С. 57.
6. *Теория заговора.* Книга вторая. – М.: Пресс-Курьер, 2011. – С. 158.
7. *Хухтузен П.А.* Военно-морской шпионаж / *П.А. Хухтузен, А. Шендон-Дюпле.* – М. Вече, 2012. – С. 299–303, С. 430.
8. *Я – спутник-разведчик* // Популярная механика. – №9. – 2008. – С. 23–33.
9. *Стратегическое обновление* // Инвестгазета. – №1-2. – 2012. – С. 9.
10. *Аграрный хаб «ренесанса»* // Инвестгазета. – №1-2. – 2011. – С. 22–23.
11. *Прескотт Д.Е.* Конкукrentная разведка / *Д.Е. Прескотт, С.Х. Миллер.* – М.: Пресс-Курьер, 2004. – С. 335.
12. *Большаков В.Н.* Моніторинг техніки – джерело інноваційної політики в АПК України в межах правового регулювання / *В.Н. Большаков, І.Л. Роговський* // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК / Редкол.: Д.О. Мельничук (відп. ред.) та ін. – К., 2013. – Вип. 185, ч. 3. – С. 334–338.

13. *Большаков В.Н.* Необхідність моніторингу в інноваційній діяльності АПК України в межах правового регулювання / *В.Н. Большаков, І.Л. Роговський* // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК / Редкол.: Д.О. Мельничук (відп. ред.) та ін. – К., 2013. – Вип. 185, ч. 2. – С. 384–390.
14. *Большаков В.Н.* Правові засади використання легальних методів моніторингу техніки АПК України / *В.Н. Большаков, І.Л. Роговський* // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК / Редкол.: Д.О. Мельничук (відп. ред.) та ін. – К., 2013. – Вип. 185, ч. 1. – С. 234–242.

В статье рассматривается влияние правового регулирования методов мониторинга сельскохозяйственной техники и эффективность инновационной политики АПК Украины.

Мониторинг, метод, техника.

In paper agency of legal regulating of methods of monitoring of agricultural machinery and efficacy of innovative policy of agrarian industrial complex of Ukraine is observed.

Monitoring, method, machinery.

УДК 504.056:625.711.1:504.06

ЕКОЛОГІЧНО ЗНАЧИМІ ПАРАМЕТРИ ТЕХНОГЕННОГО ЛІНІЙНОГО ОБ'ЄКТУ (АВТОМОБІЛЬНОЇ ДОРОГИ)

***Г.М. Желновач, кандидат технічних наук
Харківський національний автомобільно-дорожний
університет***

Виділено екологічно значимі параметри автомобільної дороги на основі аналізу літературних джерел, нормативно-технічної документації та методу експертних оцінок. Охарактеризовано взаємозв'язки між виділеними параметрами та екологічним станом придорожного простору.

***Автомобільна дорога, автотранспортний потік,
придорожній простір, екологічно значимі параметри.***

Постановка проблеми. При визначенні екологічної безпеки у зоні впливу лінійних техногенних об'єктів, автомобільних доріг зокрема, перспективним вважається виділення екологічно значимих

© Г.М. Желновач, 2014

13. *Большаков В.Н.* Необхідність моніторингу в інноваційній діяльності АПК України в межах правового регулювання / *В.Н. Большаков, І.Л. Роговський* // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК / Редкол.: Д.О. Мельничук (відп. ред.) та ін. – К., 2013. – Вип. 185, ч. 2. – С. 384–390.

14. *Большаков В.Н.* Правові засади використання легальних методів моніторингу техніки АПК України / *В.Н. Большаков, І.Л. Роговський* // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК / Редкол.: Д.О. Мельничук (відп. ред.) та ін. – К., 2013. – Вип. 185, ч. 1. – С. 234–242.

В статье рассматривается влияние правового регулирования методов мониторинга сельскохозяйственной техники и эффективность инновационной политики АПК Украины.

Мониторинг, метод, техника.

In paper agency of legal regulating of methods of monitoring of agricultural machinery and efficacy of innovative policy of agrarian industrial complex of Ukraine is observed.

Monitoring, method, machinery.

УДК 504.056:625.711.1:504.06

ЕКОЛОГІЧНО ЗНАЧИМІ ПАРАМЕТРИ ТЕХНОГЕННОГО ЛІНІЙНОГО ОБ'ЄКТУ (АВТОМОБІЛЬНОЇ ДОРОГИ)

***Г.М. Желновач, кандидат технічних наук
Харківський національний автомобільно-дорожний
університет***

Виділено екологічно значимі параметри автомобільної дороги на основі аналізу літературних джерел, нормативно-технічної документації та методу експертних оцінок. Охарактеризовано взаємозв'язки між виділеними параметрами та екологічним станом придорожного простору.

***Автомобільна дорога, автотранспортний потік,
придорожній простір, екологічно значимі параметри.***

Постановка проблеми. При визначенні екологічної безпеки у зоні впливу лінійних техногенних об'єктів, автомобільних доріг зокрема, перспективним вважається виділення екологічно значимих

© Г.М. Желновач, 2014

елементів автомобільної дороги та автотранспортного потоку (автотранспортної системи). Д.Н. Кавтаразде до таких елементів відносить дорожній одяг, повздовжній похил, пропускну спроможність, строк експлуатації, рівність покриття, кривизна у плані, наявність перехресть, склад та інтенсивність автотранспортного потоку, швидкість руху, технічних стан транспортних засобів, якість палива та ін [1].

Аналіз останніх досліджень. Аналіз нормативно-правової бази Державної служби автомобільних доріг (Укравтодор) у сфері забезпечення екологічної безпеки дозволив виділити нормативні документи, у яких найбільш коректно перелічені та охарактеризовані вихідні параметри автомобільної дороги та придорожного простору, транспортного потоку та погодно-кліматичних умов при проведенні оцінки дії автомобільних доріг загального користування на навколишнє середовище:

- М 218-02071168-626:2007 Методика оцінки екологічного впливу автомобільної дороги загального користування на навколишнє середовище – найбільш повно перелічує та нормує екологічно значимі параметри;

- ПОР-218-141-2000 Порядок обліку руху транспортних засобів – нормує параметри, що охарактеризовані у М 218-02071168-626:2007;

- ДБН В.2.3-4:2007 Споруди транспорту. Автомобільні дороги – нормує параметри, що охарактеризовані у М 218-02071168-626:2007;

- ВБН Г.1-218-050-2001 Міжремонтні строки експлуатації дорожніх одягів та покриттів на автомобільних дорогах загального користування з доповненнями та уточненнями – нормує параметри, що охарактеризовані у М 218-02071168-626:2007 [2].

Вибір параметрів автотранспортної системи, які мають найбільше екологічне значення проводився на основі аналізу літературних джерел, нормативно-технічної бази та методу експертних оцінок. На розсуд групи експертів у складі 10 осіб, 5 з яких являються фахівцями і галузі охорони довкілля та 5 – дорожнього господарства, було запропоновано 15 екологічно значимих параметрів функціонування автотранспортних систем, які вони повинні були проранжувати від 1 (найменш значимий) до 15 (найбільш значимий) за ступенем їх впливу на формування рівня забруднення придорожного простору. Перелік параметрів формувався на основі вищенаведених нормативних документів та виглядає наступним чином: 1 – кількість смуг руху, шт.; 2 – ширина смуги руху, м; 3 – ширина розділювальної смуги, м; 4 – повздовжній похил, ‰; 5 – поперечний похил, ‰; 6 – тип дорожнього покриття;

7 – рівність дорожнього покриття, см/км; 8 – міжремонтні строки експлуатації, роки; 9 – тип поверхні між дорогою та забудовою; 10 – вид та параметри захисних споруд; 11 – інтенсивність руху, авт./добу; 12 – середня швидкість руху, км/год.; 13 – склад транспортного потоку; 14 – тип двигуна; 15 – термін експлуатації транспортних засобів, роки.

При аналізі оцінок, отриманих від експертів, ступінь узгодженості їх думок оцінювався за допомогою коефіцієнту конкордації Дж. Кендалла, тобто загального коефіцієнту рангової кореляції для групи, яка складається з m експертів. Для даного дослідження кількість об'єктів ранжування (екологічно значимих параметрів) становить 15 ($n=15$), кількість рядів ранжування (експертів) – 10 ($m=10$).

Коефіцієнт конкордації розраховується за формулою:

$$W = \frac{12S}{m^2(n^3 - n)}, \quad (1)$$

де n – кількість альтернатив (15); m – кількість експертів (10); r_i^j – ранг i -ї альтернативи, який присвоєний йому j -м експертом; S – сума квадратів відхилень:

$$S = \sum_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^m r_i^j - \bar{S} \right)^2. \quad (2)$$

$$\bar{S} = \sum_{j=1}^m \frac{\sum_{i=1}^n r_i^j}{n}. \quad (3)$$

Для визначення значимості коефіцієнту конкордації доцільно користуватися критерієм χ -квадрат (χ_p^2), який визначається кількістю ступенів свободи $f=n-1$ та рівнем довірчої вірогідності та повинний бути більше табличного значення χ -квадрат (χ_t^2) для визнання гіпотези про узгодженість думки експертів [3]:

$$\chi_p^2 = m \cdot (n-1) \cdot W > \chi_t^2. \quad (4)$$

Метою досліджень є виділення та обґрунтування екологічно значимих параметрів техногенних лінійних об'єктів на прикладі автомобільних доріг, як тих, що мають найбільшу густину, протяжність та максимально фрагментують природні ландшафти.

Результати досліджень. За умови доведення узгодженості думки групи експертів, отримані результати бальної експертної оцінки, можна проранжувати та визначити п'ять параметрів, які мають найбільший екологічний вплив. За результатами анкетування експертів була складена матриця рангів оцінок експертів, наданих по кожному параметру, та частково оброблені результати (табл. 1).

1. Матриця рангів об'єктів ранжування.

Експерти (i)	Об'єкти ранжування (змінні)														
	r_i^1	r_i^2	r_i^3	r_i^4	r_i^5	r_i^6	r_i^7	r_i^8	r_i^9	r_i^{10}	r_i^{11}	r_i^{12}	r_i^{13}	r_i^{14}	r_i^{15}
1	7	2	1	14	3	4	13	12	5	6	15	11	10	9	8
2	6	2	1	15	4	5	14	13	3	7	11	12	9	10	8
3	6	1	2	11	5	4	12	10	3	9	15	14	8	13	7
4	10	5	6	15	2	1	14	11	3	4	8	13	9	7	12
5	6	1	2	12	4	5	13	11	10	3	15	14	7	8	9
6	6	2	1	11	3	4	13	12	5	7	15	14	10	9	8
7	3	2	1	15	4	5	14	13	8	7	11	12	9	10	6
8	1	3	2	11	5	4	12	10	6	9	13	15	8	14	7
9	3	5	6	15	2	1	14	12	8	4	10	13	9	11	7
10	4	1	2	10	6	5	12	11	13	3	15	14	7	8	9
Сума рангів	52	24	24	129	38	38	131	115	64	59	128	132	86	99	81

Отже, значення коефіцієнту конкордації дорівнює:

$$W = \frac{12 \cdot 22476}{10^2(15^3 - 15)} = 0,8.$$

При кількості ступенів свободи 9 ($f=10-1=10$), квантиль розподілення χ -квадрат для оцінок групи експертів, що вивчаються, дорівнює:

$$\chi_p^2 = 15 \cdot (10 - 1) \cdot 0,8 = 108.$$

Оскільки, табличне значення критерію для числа ступеней свободи, яке дорівнює 9, та рівню значимості $\alpha=0,05$ дорівнює $\chi_t^2=16,9190$, то $\chi_p^2 > \chi_t^2$ та гіпотеза щодо узгодженості думок експертів приймається та на основі їх думки можна виділити 5 найбільш екологічно значимих параметрів функціонування автотранспортних систем (рис. 1).

Встановлено, що найбільш екологічно значимими показниками, на думку групи експертів, є 4 – повздовжній похил, 7 – рівність дорожнього покриття, 8 – міжремонтні строки експлуатації; 11 – інтенсивність руху, 12 – середня швидкість руху. Рівність дорожнього полотна – дорожній одяг (покриття) безпосередньо сприймає навантаження від транспортних засобів та передає її на земляне полотно. При цьому під впливу коліс покриття деформується. З якістю дорожнього покриття (рівністю) пов'язана витрата палива транспортними засобами: при покращенні якості та рівності витрата менша, а при поганому його стані – вище. При наявності вибоїн та шорсткостей на поверхні покриття витрата палива на 2 л вище, ніж при ідеальному або нормативному його стані [4].

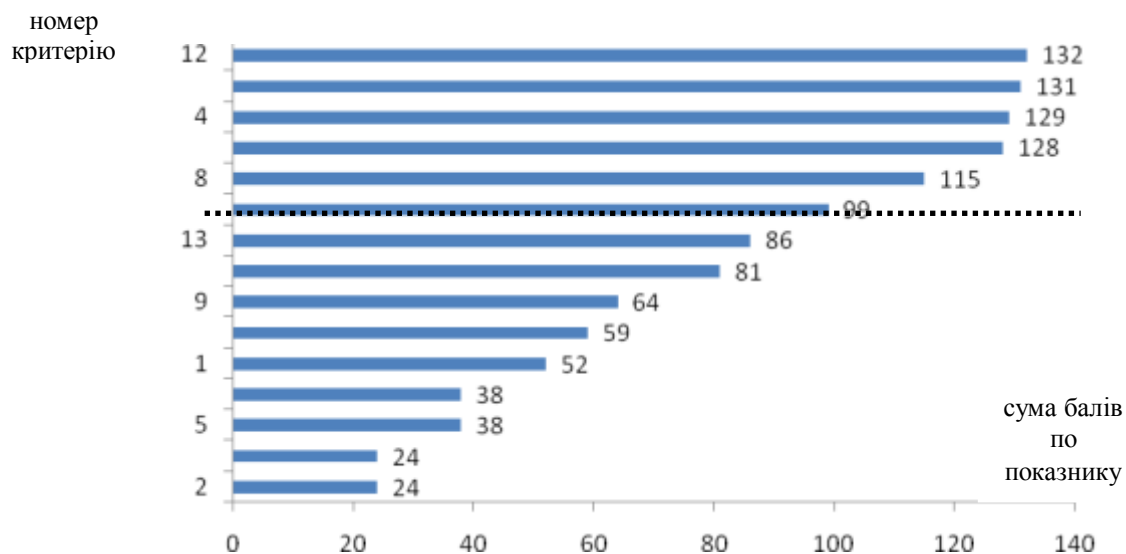


Рис. 1. Ранжування екологічно значимих показників функціонування автотранспортних систем.

Дорожнє покриття настільки екологічно значимий фактор, що воно у більшій мірі впливає на швидкість руху транспортних засобів, ніж умови видимості. Зменшення середньої швидкості руху автотранспортного засобу при поганих погодних умовах складає від 7 до 23%, при поганій якості дорожнього покриття – до 38 % [5].

Рівність покриття впливає не тільки на швидкість руху транспортних засобів та витрати пального, вона опосередковано характеризує кількість пилу, що утворюється при руйнуванні дорожнього одягу та стиранні шин при цьому, а також кількість аварій, що відбуваються через руйнування дорожнього покриття, тобто утворення відходів, розливи горюче-змащувальних матеріалів та інше. Міжремонтні строки експлуатації дорожнього одягу – показник, який характеризує періодичність зміни параметрів земляного полотна та водовідводу, дорожнього одягу та покриття, штучних споруд, дорожніх пристроїв і облаштування доріг, тобто періодичність проведення робіт, що сприяють здебільшого зменшенню впливу експлуатації автомобільної дороги на навколишнє середовище через забезпечення сталого руху транспортних засобів ділянкою дороги та нормативного функціонування інженерної споруди [6].

Повздовжній похил автомобільної дороги – інженерно-технічний параметр, який характеризує крутизну підйомів та спусків окремих ділянок автомобільної дороги. Він визначається як відношення різниці проектних відміток між крайніми точками ділянок до відстані між ними та виражається у проміле [4]. Величина повздовжнього похилу автомобільної дороги зумовлює характер

розсіювання твердих часток, що виділяються у атмосферне повітря при взаємному терті покриття дороги та шин автомобіля, та швидкість стоку змивних вод з поверхні полотна дороги, а також – у значній мірі – викид забруднюючих речовин та витрату палива [1].

Інтенсивність руху транспортного потоку – параметр, який характеризує кількість транспортних засобів, що проходять ділянкою автомобільної дороги за певний відрізок часу. Тут просліджується безпосередній зв'язок між кількістю транспортних засобів та кількістю забруднюючих речовин, що утворюються при його русі, причому їх кількість збільшується по мірі переважання вантажних автомобілів та громадського пасажирського транспорту у потоці. Виявлений прямий зв'язок між концентрацією свинцю у придорожніх ґрунтах та транспортним навантаженням [7].

Середня швидкість руху транспортного потоку – викид газоподібних забруднювачів автотранспортними засобами найбільший у режимі повільного руху, менший при пришвидшенні (розгоні) та мінімальний при сталій швидкості руху [8]. При цьому слід брати до уваги, що кількість викидів азоту та ненасичених вуглеводнів прямо пропорційна швидкості руху, а крива викиду монооксиду вуглецю має мінімум при швидкості руху 55-65 км/год [4].

Між п'ятьма виділеними параметрами існує взаємозв'язок, у деяких випадках зворотній. Так інтенсивність дорожнього руху впливає на рівність дорожнього покриття та міжремонтні строки експлуатації його, які впливають одне на одного. Повздовжній похил впливає на середню швидкість руху, на яка залежить від рівності дорожнього покриття (рис. 2).

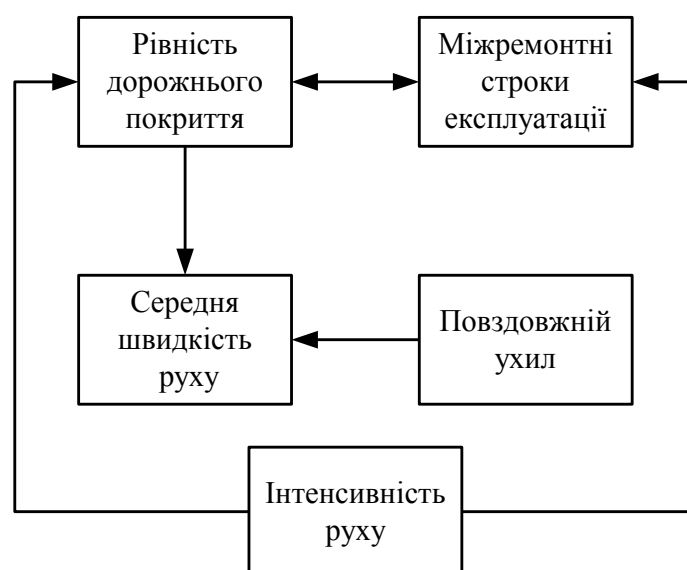


Рис. 2. Схема взаємозв'язків між екологічно значимими параметрами автотранспортних систем.

Висновки

1. Виділено найбільш екологічно значимі елементи автомобільної дороги та автотранспортного потоку, якими є повздовжній похил, рівність дорожнього покриття, міжремонтні строки експлуатації; інтенсивність руху, середня швидкість руху.

2. Охарактеризовано екологічно значимі параметри з точки зору їх впливу на якість навколишнього середовища.

3. Встановлено взаємозв'язки між екологічно значимими параметрами автотранспортних систем

Список літератури

1. Кавтарадзе Д.Н. Автомобильные дороги в экологических системах / Д.Н. Кавтарадзе, Л.Ф. Николаева, Е.Б. Поршнева, Н.Б. Фролова. – М.: ЧеРо, 1999. – 240 с.
2. Внукова Н.В. Вибір екологічно значимих параметрів автотранспортних систем для оцінки екологічної небезпеки придорожного простору / Н.В. Внукова, Г.М. Желновач // Екологічна безпека. – Кременчук: КрНУ, 2011. – №12. – С. 119–123.
3. Бондарь А.Г. Планирование эксперимента в химической технологии (основные положения, примеры и задачи) / А.Г. Бондарь, Г.А. Статюха. – К.: Вища школа, 1976. – 184 с.
4. Автомобильные перевозки и организация дорожного движения / [Рэнкин В.У., Клафи П., Халберт С. и др.]. – М.: Транспорт, 1981. – 592 с.
5. Споруди транспорту. Спорудження земляного полотна автомобільних доріг : ВБН 2.3-218-171-2002. – [Чинний від 2003-07-11]. – К.: Укравтодор, 2003. – 33 с.
6. Міжремонтні строки експлуатації дорожніх одягів та покриттів на автомобільних дорогах загального користування : ВБН Г.1-218-050-2001. – [Чинний від 2001-12-26]. – К.: Укравтодор, 2002. – 19 с.
7. Smith W.H. Lead contamination of the roadside ecosystem / W.H. Smith // 68-th an mettings air pollution control assosiation, June 15-20, Boston, Massachusets, 1975. – P. 324–329.
8. Пригода Ю.Г. Гигиеническая оценка загрязнения атмосферного воздуха от покрытий автомобильных дорог / Ю.Г. Пригода, Н.П. Гордыня, Л.Г. Богословский // Гигиена и санитария. – 1987. – №7. – С. 13–16.

Выделены экологически значимые параметры автомобильной дороги на основе анализа литаратурних источников, нормативно-технической документации и метода экспертных оценок. Охарактеризованы взаимосвязи между выделенными параметрами и экологическим состоянием придорожного пространства.

Автомобильная дорога, автотранспортный поток, придорожный пространство, экологически значимые параметры.

There are highlighted an environmentally significant parameters of highways based on the analysis litaraturnih sources, technical standards

and method of expert estimations. There are characterized the relationship between selected parameters and the environmental condition of roadside area.

Highway, motor transportation streams, roadside area, environmentally significant parameters.

УДК 631.333.92

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ БІОКОНВЕРСНОГО КОМПОСТУВАННЯ ПТАШИНОГО ПОСЛІДУ

С.І. Павленко, кандидат технічних наук

О.О. Ляшенко, Ю.А. Філоненко, інженери

***Національний науковий центр «Інститут механізації і
електрифікації сільського господарства»***

Для вибору та обґрунтування процесів перероблення посліду та відходів птахівницьких підприємств з подальшим їх удосконаленням і відпрацюванням технологічних режимів проведено експериментальні дослідження з встановленням закономірностей його біоконверсного компостування.

Компостування, аератор-змішувач, бурт, прискорене перероблення посліду, органічні компости.

Постановка проблеми. Одержання якісних органічних добрив з пташиного посліду – важлива господарська, екологічна та економічна задача. Господарське її вирішення спрямоване на зменшення площ майданчиків для зберігання посліду й вироблених добрив, вдосконалення логістики, покращення родючості ґрунтів.

Затрати на перероблення посліду повинні відшкодовуватися за рахунок одержання продукції з новими якісними показниками для споживача, що мають високу агротехнічну цінність та маркетингову привабливість. Розробка нових методів перероблення пташиного посліду в органічні добрива зосереджена також на уникнення наслідків шкідливого впливу на оточуюче середовище: зменшення емісії газів та запахів, покращення екологічного становища навколо птахівницьких комплексів в цілому.

Аналіз останніх досліджень. Технологічні вимоги щодо біотермічного компостування пташиного посліду в Україні встановлені відомчими нормами ВНТП-АПК-04-05 та ВНТП-АПК-09-

© С.І. Павленко, О.О. Ляшенко, Ю.А. Філоненко, 2014

and method of expert estimations. There are characterized the relationship between selected parameters and the environmental condition of roadside area.

Highway, motor transportation streams, roadside area, environmentally significant parameters.

УДК 631.333.92

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ БІОКОНВЕРСНОГО КОМПОСТУВАННЯ ПТАШИНОГО ПОСЛІДУ

С.І. Павленко, кандидат технічних наук

О.О. Ляшенко, Ю.А. Філоненко, інженери

***Національний науковий центр «Інститут механізації і
електрифікації сільського господарства»***

Для вибору та обґрунтування процесів перероблення посліду та відходів птахівницьких підприємств з подальшим їх удосконаленням і відпрацюванням технологічних режимів проведено експериментальні дослідження з встановленням закономірностей його біоконверсного компостування.

Компостування, аератор-змішувач, бурт, прискорене перероблення посліду, органічні компости.

Постановка проблеми. Одержання якісних органічних добрив з пташиного посліду – важлива господарська, екологічна та економічна задача. Господарське її вирішення спрямоване на зменшення площ майданчиків для зберігання посліду й вироблених добрив, вдосконалення логістики, покращення родючості ґрунтів.

Затрати на переробляння посліду повинні відшкодовуватися за рахунок одержання продукції з новими якісними показниками для споживача, що мають високу агротехнічну цінність та маркетингову привабливість. Розробка нових методів переробляння пташиного посліду в органічні добрива зосереджена також на уникненні наслідків шкідливого впливу на оточуюче середовище: зменшення емісії газів та запахів, покращення екологічного становища навколо птахівницьких комплексів в цілому.

Аналіз останніх досліджень. Технологічні вимоги щодо біотермічного компостування пташиного посліду в Україні встановлені відомчими нормами ВНТП-АПК-04-05 та ВНТП-АПК-09-

© С.І. Павленко, О.О. Ляшенко, Ю.А. Філоненко, 2014

06, але практичне впровадження стримується відсутністю даних щодо особливостей та режимів ведення процесів.

Значна увага приділяється розробленню новітніх підходів [1] та технічних засобів для одержання високоякісних компостів [2] та їхнього ефективного використання. Останнім часом в різних системах компостування застосовують змішувачі-аератори компостів [3] різних конструкцій та агрегування для механізації технологічних операцій у виробництві органічних добрив.

Мета досліджень – обґрунтування закономірностей процесу прискореного біотермічного компостування пташиного посліду для обґрунтування його технологічних і режимних параметрів та одержання високоякісних органічних добрив.

Результати досліджень. Експериментально-виробничі дослідження проводилися 2011-2013 рр. на полігоні ПАТ «Володимир-Волинська птахофабрика» (Волинська обл.). Дослідження біоконверсного процесу компостування посліду проводили в буртах трапецеїдальної форми з періодичним перелопачуванням змішувачем-аератором компостів конструкції Інституту механізації тваринництва [4].

Програмою досліджень передбачалось з'ясування закономірностей кінетики біотермічного процесу компостування за температурними режимами в буртах протягом всього терміну спостережень. Контроль за температурою компостної суміші виконували в 9 точках бурту (рис. 1). Температура компостної суміші вимірювалась за допомогою цифрового термометра ТО-Ц022Т №10.004 з датчиком ТО-010(ч) №10.801 з довжиною щупу 60 см, діапазон вимірювань від -50°C до $+250^{\circ}\text{C}$, чутливість вимірювань $0,01^{\circ}\text{C}$.

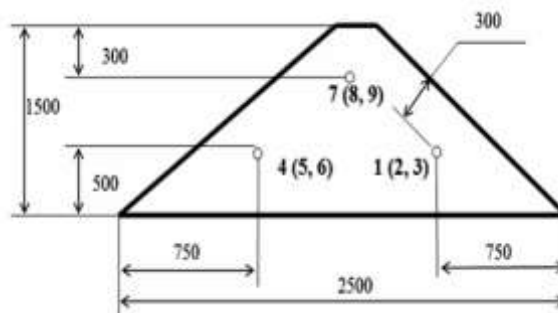


Рис. 1. Загальний вигляд буртів і схема точок вимірювання температури.

Дозрілість компосту оцінювалася органолептичними спостереженнями: за кольором маси, відсутністю запаху, структурою та розсипчастістю. На другому етапі проводилося визначення

хімічних властивостей сумішей згідно з ГОСТ 26713-85–ГОСТ 26716-85, ГОСТ 27979-88 та ГОСТ 27980-88. Незалежне оцінювання властивостей виробленого компосту – Волинським обласним центром «Облдержродючість». Фракційний склад (відсотковий вміст фракцій за масою) визначався за допомогою класифікатора з стандартними ситами діаметром 10; 7; 5; 3; 1; 0,5 та 0,25 мм.

Технологічні особливості проведення експериментів полягали у наступному. Компостна суміш, що залучалася до компостування, готувалася шляхом змішування компонентів до щільності не більше ніж 600 кг/м^3 , пористістю не менше ніж 30% за об'ємом. Вологість підготовленої суміші у межах 55-65%. У разі зниження вологості компостної маси в буртах менше ніж 45% (наприклад, у літні спекотні періоди) проводиться періодичне поверхнєве її зволоження з подальшим механізованим перелопачуванням всього бурту.

Компостна суміш балансувалась за поживними речовинами, які залучаються до мікробіологічних процесів, за співвідношенням вуглецю і азоту ($\text{C:N} = 25 \pm 5 : 1$), рН – 6,0-8,0 та наявністю органіки не менше ніж 75% за сухою речовиною. Балансування компостних сумішей забезпечує уникнення втрат (емісії) азоту як біогенного компонента органічних добрив [5].

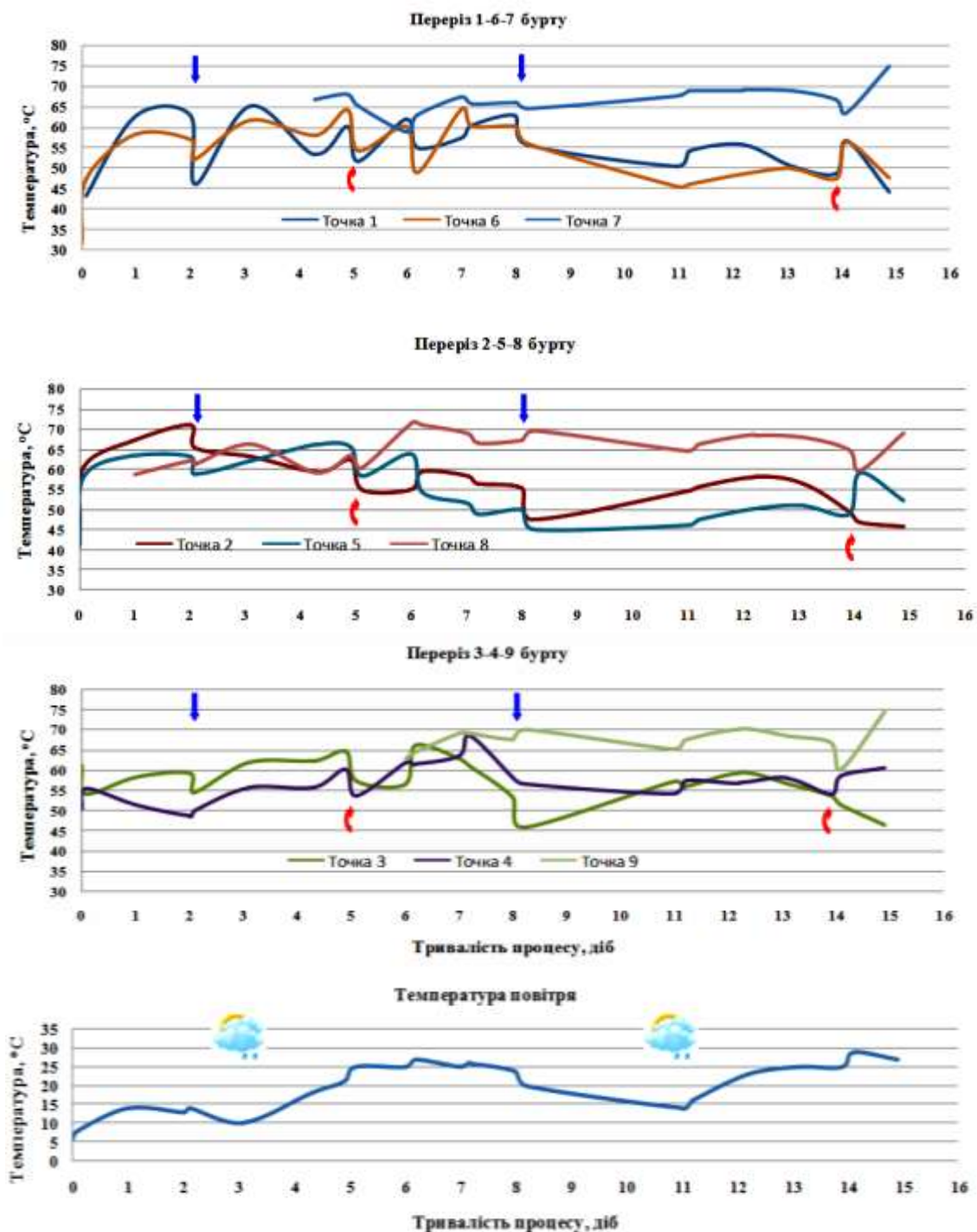
Періодичне перелопачування з механічною аерацією компостної суміші забезпечує раціональне протікання аеробних процесів й унеможливорює утворення анаеробних зон, як це відбувається при традиційному зберіганні посліду навалом у купах. Механічна аерація стимулює окислювальні біотермічні процеси, забезпечує процеси дихання і життєдіяльності мікрофлори, що прискорює розпад органічних сполук відходів. Розігрівання суміші до термофільних температур ($55\text{-}65^\circ\text{C}$) забезпечує знезараження патогенної мікрофлори, дезінвазію, дезодорацію від неприємних запахів та позбавлення схожості насіння бур'янів.

Компостні бурти літнього складання – перелопачують через 5-7 діб після початку інтенсивного біотермічного процесу. Наступну операцію – через 10 діб. Додаткове перелопачування буртів виконується у випадку зростання температури компостної суміші понад 65°C .

У перший борт була закладена збалансована суміш підстилкового посліду (60 т, довжина бурту 50 м). Тривалість процесу компостування – 72 доби. Кінетика температурного режиму компостної маси в бурту у різні періоди процесу компостування та метеорологічних умов графічно відображена на рис. 2 – рис. 4.

За даними спостережень протягом перших 15 діб (рис. 2) середня температура в точках бурту становила: 1 – $55,2^\circ\text{C}$; 2 – $56,7^\circ\text{C}$; 3 – $57,1^\circ\text{C}$; 4 – $56,8^\circ\text{C}$; 5 – $55,4^\circ\text{C}$; 6 – $53,5^\circ\text{C}$; 7 – $71,1^\circ\text{C}$; 8 –

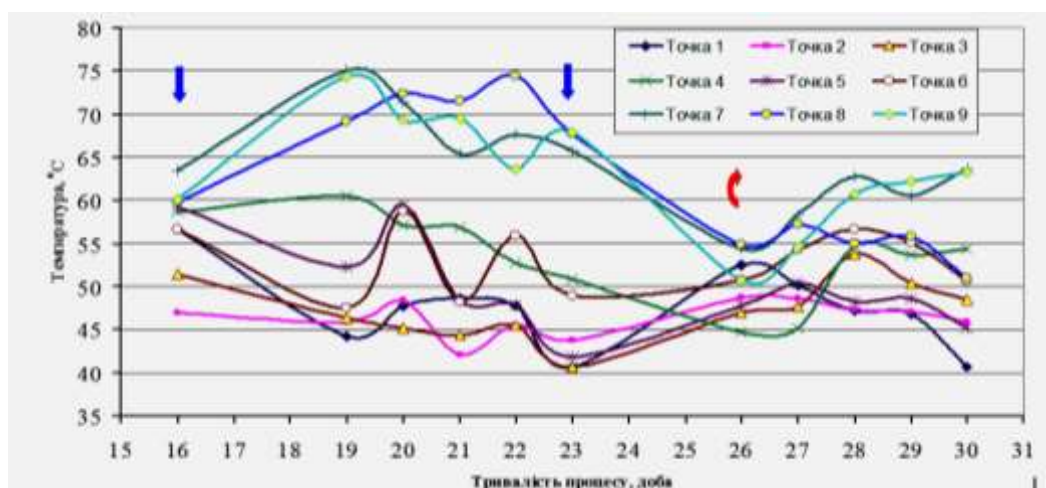
65,4°C; 9 – 67,4°C, тобто біотермічні параметри процесу знаходяться у межах термофільного режиму та забезпечують знезараження патогенної мікрофлори й позбавлення схожості насіння бур'янів в компості у відповідності з вимогами ВНТП-АПК-09.06.



↓ - зволоження маси, ↗ - перелопачування маси.

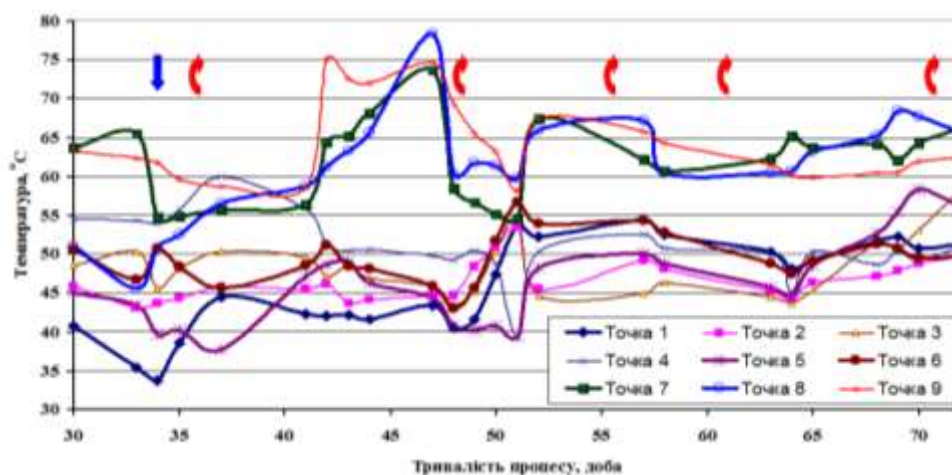
Рис. 2. Графіки кінетики температурного режиму компостної маси підстилкового посліду в перерізах бурту та метеорологічних умов протягом перших 15 діб.

Після виконання операції перелопачування спостерігається поступове зростання температури в бурту, особливо це помітно за результатами спостережень динаміки температурного режиму в його середині: часовий інтервал 16-20 доба і 26-30 доба (рис. 3) і 37-47 доба (рис. 4).



Параметри процесу	Точки виміру і температура, °C								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Максимум	56,64	48,70	53,82	60,56	59,40	58,71	75,05	74,39	74,31
Мінімум	40,64	42,10	40,64	44,70	41,86	47,57	54,36	50,97	50,71
Середня	47,54	46,34	47,32	53,57	49,89	53,02	64,38	62,60	63,27

Рис. 3. Графіки кінетики температурного режиму компостної маси підстилкового посліду в бурту та метеорологічних умов протягом 15-30 діб.



Параметри процесу	Точки виміру і температура, °C								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Середня	45,84	46,50	48,21	50,92	46,28	49,52	61,89	61,30	64,11
Максимум	54,38	53,43	58,36	60,01	58,26	56,72	73,63	78,34	75,08
Мінімум	33,76	43,14	43,49	39,34	37,67	42,95	54,62	45,54	58,18

Рис. 4. Графіки кінетики температурного режиму компостної маси підстилкового посліду в бурту та метеорологічних умов протягом 30-72 діб.

Діапазон максимальних температур протягом перших п'ятнадцяти діб був у межах 65-71°C, протягом наступних 15 діб у межах 74-75°C, на завершальній стадії компостування у межах 73-78°C.

Середня температура знаходилась на верхній межі термофільного режиму: протягом перших п'ятнадцяти діб – 65-67 °C, протягом наступних 15 діб у межах 62-64 °C, на завершальній стадії компостування у межах 61-64 °C.

Найсуттєвіші температурні зміни спостерігались в периферійних зонах бурту унаслідок коливань температури навколишнього середовища та після безпосереднього перелопачування бурту.

Діапазон граничних обмежень мінімальних температур в периферійних зонах складав 37-44°C, а в центральній частині – 45-54°C.

В цілому експериментально-виробничими дослідженнями встановлено ефективність процесу компостування збалансованих компостних сумішей на основі підстилкового посліду в відкритих буртах з застосуванням операцій перелопачування й зволоження. З'ясована кінетика біотермічного процесу.

У другий борт закладена суміш підстилкового посліду (20 т, довжина бурту 18 м) з уведенням 7,5% відходів забійного цеху. Тривалість процесу компостування – 63 доби.

Середня температура в середині бурту (точка 8) за весь період спостережень становила 62,8°C з коливаннями по періодах від 58,3°C до 69°C, з максимальними значеннями 73,5°C і мінімальними значеннями 50,6°C (рис. 5, табл. 1).

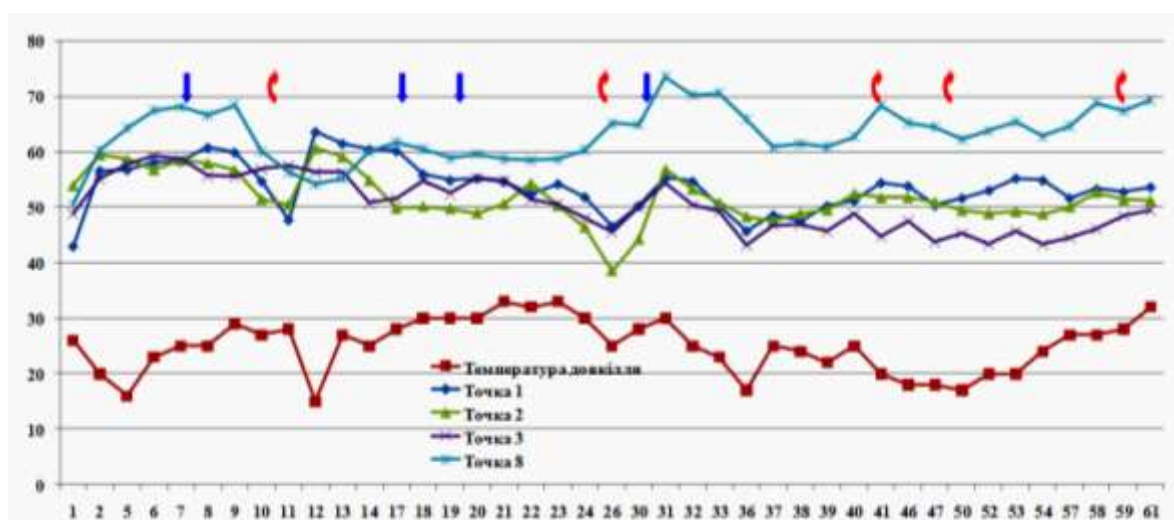


Рис. 5. Графіки кінетики температурного режиму компостної маси підстилкового посліду з відходами забійного цеху (7,5 %) в бурту та метеорологічних умов.

1. Аналіз температурного режиму бурту №2.

Параметр	Повітря	Точка 1	Точка 2	Точка 3	Точка 8
Середнє за період 1-9 діб	22,4	54,8	56,2	56,0	62,8
Середнє за період 10-20 діб	25,8	56,8	53,6	55,0	58,3
Середнє за період 21-30 діб	30,4	52,8	48,4	51,1	59,9
Середнє за період 31-40 діб	24,6	51,2	50,6	49,4	69,0
Середнє за період 41-50 діб	22,3	51,0	50,3	46,7	63,2
Середнє за період 51-63 діб	23,7	52,9	50,2	45,5	65,4
Середнє за весь цикл	24,8	53,5	51,8	50,9	62,8
Максимум	33,0	63,6	60,6	59,2	73,5
Мінімум	14,0	43,0	38,5	43,1	50,6

В периферійних точках вимірювань діапазон середніх температурних коливань складав у межах від 50,9°C до 53,5°C.

У третій борт закладена збалансована суміш підстилкового посліду (20 т, довжина бурту 18 м) з уведенням 5% відходів забійного цеху. Після формування бурту був покритий плівкою.

Середня температура в середині бурту (точка 8) за весь період спостережень становила 55,5°C з коливаннями по періодах від 53,3°C до 58,7°C. Максимальне значення становило 64,4°C, а мінімальне – 45,7°C (табл. 2). В периферійних точках вимірювань діапазон середніх температурних коливань складав у межах від 46,9°C до 47,3°C (табл. 2).

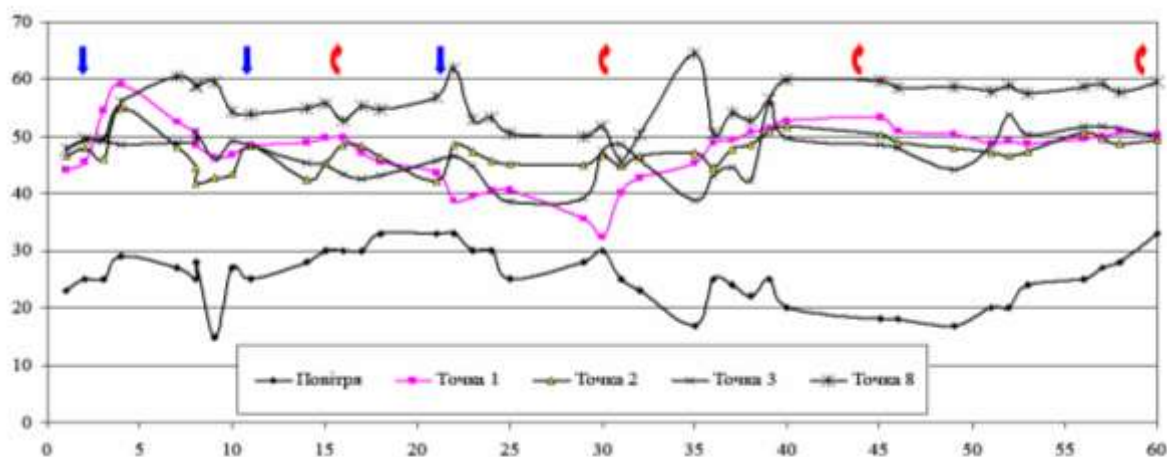


Рис. 6. Графіки кінетики температурного режиму компостної маси підстилкового посліду з відходами забійного цеху (5 %) в бурту та метеорологічних умов.

З аналізу графічної інтерпретації (рис. 7) зміни фракційного складу, спостерігається поступове зміщення максимального відсоткового вмісту в сторону дрібніших фракцій після кожного наступного перелопачування. Після третього перелопачування відсотковий вміст фракцій 5-7 мм зменшився вдвічі (17,17%) у

порівнянні з показниками після першого перелопачування, а відсотковий вміст фракцій 1-2 мм зріс відповідно майже вдвічі (26,35% проти 15,71%).

2. Аналіз температурного режиму бурту №3.

Період процесу	Температура, °C				
	Повітря	1	2	3	8
Середня за декаду					
01-10 доба	24,89	49,77	46,20	48,75	54,94
11-20 доба	29,33	48,22	46,57	44,60	54,57
21-30 доба	29,33	37,88	46,43	42,85	53,30
31-40 доба	22,63	47,67	47,71	46,11	54,26
41-50 доба	18,25	50,82	48,58	47,27	58,68
Середня за весь період					
01-60 доба	25,5	47,27	47,10	46,89	55,47
Максимум	33,00	59,14	54,8	55,63	64,37
Мінімум	15,00	32,35	41,7	38,6	45,67
51-60 доба	26,17	49,69	48,66	51,45	58,59

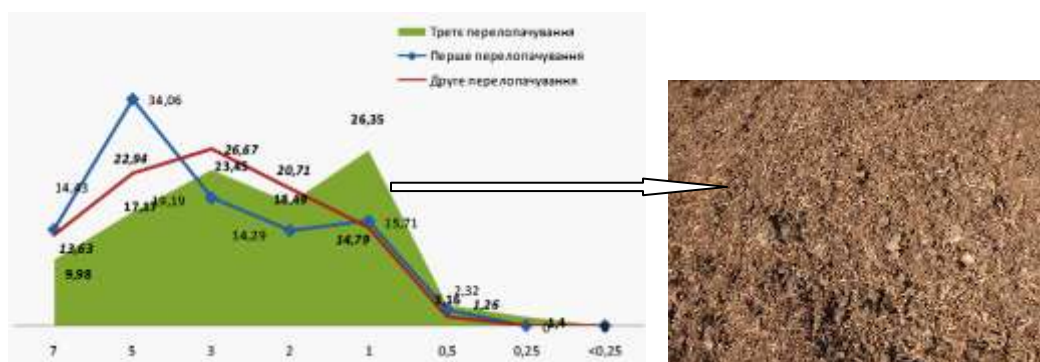


Рис. 7. Динаміка зміни фракційного складу (%) компостної суміші після виконання операцій перелопачування.

Після перероблення посліду був проведений незалежний агрохімічний аналіз отриманого продукту (Волинський державний обласний проектно-технологічний центр охорони родючості ґрунтів і якості продукції «Облдержродючість»). Результати аналізу подано в табл. 3.

3. Агрохімічні властивості компосту.

Найменування показника	Одиниця виміру	Показники		
Вміст в абсолютно сухій речовині компосту				
№ бурту		1	2	3
Азот загальний (N)	%	3,00	4,50	3,60
Фосфор (P ₂ O ₅)	%	2,83	4,00	4,20
Калій (K ₂ O)	%	3,15	2,95	2,82
Зола	%	26,0	19,0	18,3
Органічна речовина	%	74,0	81,0	81,7

Продовження табл. 3

Найменування показника	Одиниця виміру	Показники		
Органічний вуглець	%	37,0	40,5	40,85
C : N	в.о.	12,3:1	9:1	11,3:1
pH	-	8,6	8,6	8,5
Волога	%	51,94	62,59	41,64

За усередненими показниками сумарна кількість діючих біогенних речовин (NPK) в 1 т компосту становить 49,4 кг. Одна тонна в еквіваленті заміняє 103,0 кг нітроамофоски (16:16:16) та має потенційну вартість близько 468,5 грн/т.

Висновок. Експериментально-виробничими дослідженнями встановлено ефективність процесу компостування збалансованих компостних сумішей на основі підстилкового посліду в відкритих буртах з застосуванням операцій перелопачування й зволоження у залежності від кінетики біотермічного процесу та властивостей компонентів.

Список літератури

1. *Ляшенко О.О.* Основні положення процесу прискореного біотермічного компостування сільськогосподарських органічних відходів / *О.О. Ляшенко, Г.Є. Мовсесов* // Збірник наукових праць Інституту механізації тваринництва Національної академії аграрних наук України. – Вип. 2(8). – Запоріжжя: ІМТ НААН, 2011. – С. 124–133.
2. *Степук Л.Я.* Использование аэратора-смесителя АСК-4,5 при разработке технологии ускоренного приготовления органических компостов / *Л.Я. Степук, А.А. Лях, Т.М. Серая, Е.Н. Богатырева* // Збірник наукових праць Інституту механізації тваринництва Національної академії аграрних наук України. – Вип. 2(8). – Запоріжжя: ІМТ НААН, 2011. – С. 29–37.
3. *Павленко С.І.* Новітні технічні засоби переробки органічних відходів / *С.І. Павленко, О.О. Ляшенко, А.А. Поволоцький, Ю.А. Філоненко* // Вісник Харківського національного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. – Харків, 2013. – Вип. №132 «Технічні системи і технології тваринництва». – С. 193–200.
4. *Шевченко І.А.* Змішувач-аератор компостованих сумішей / *І.А. Шевченко, О.О. Ляшенко* // Аграрна наука - виробництво: Науково-інформаційний бюлетень завершених наукових розробок. – К: Редакція журналу «Вісник аграрної науки». – 2010. – №2. – С. 27.
5. *Ляшенко О.О.* Наукові підходи до вдосконалення технології прискореного біотермічного компостування органічних відходів / *О.О. Ляшенко* // Матеріали науково-практичної конференції «Тваринництво ХХІ сторіччя: Новітні технології, досягнення і перспективи» // Науково-технічний бюлетень ІТ УААН. – Харків, 2006. – Вип. 94. – С. 213–218.

Для выбора и обоснования процессов переработки помета и отходов птицеводческих предприятий с последующим их

усовершенствованием и отработкой технологических режимов проведены экспериментальные исследования с установлением закономерностей его биоконверсного компостирования.

Компостирования, аэратор-смеситель, бурт, ускоренное переработки помета, органические компосты.

Experimental researches are conducted with establishing of conformities to the law of biological-conversion process of composting for a choice and ground of processes of redoing of manure and organic wastes of poultry farming's enterprises with their subsequent improvement, working up technological mode.

Composting, aerator, mixer, clamp, rapid processing of manure, organic compost.

УДК 378.27

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ ВИКОРИСТАННЯ МУЛЬТИМЕДІА У НАВЧАННІ СТУДЕНТІВ

З.В. Ружи́ло, Л.Л. Роговський, Ю.І. Ревенко,
кандидати технічних наук

Розглянуті проблеми графічної підготовки студентів і шляхи їх розв'язку.

Навчальний процес, студенти, методика.

Вступ. Активне впровадження в навчальний процес нових технологій навчання спрямоване на розвиток і вдосконалювання підготовки фахівців, підвищення якості освітнього процесу. Необхідність удосконалювання технології викладання, у тому числі шляхом впровадження в навчальний процес нових інформаційних технологій, викликана нинішніми соціально-економічними умовами. Підготовлений і затребуваний фахівець повинен мати не тільки професійну компетентність у відповідній області, але й здатність працювати в різних структурних підрозділах підприємства, з прагненням і здатністю вчитися, підвищувати свою кваліфікацію.

Постановка проблеми. В сучасному стратегічному розвитку вітчизняної освіти одним із аспектів є вирішення проблем розвитку особистості студента та технологізації цього процесу. Педагогіка на даному етапі наповнюється новими постулатами – активність,

© З.В. Ружи́ло, Л.Л. Роговський, Ю.І. Ревенко, 2014

усовершенствованием и отработкой технологических режимов проведены экспериментальные исследования с установлением закономерностей его биоконверсного компостирования.

Компостирования, аэратор-смеситель, бурт, ускоренное переработки помета, органические компосты.

Experimental researches are conducted with establishing of conformities to the law of biological-conversion process of composting for a choice and ground of processes of redoing of manure and organic wastes of poultry farming's enterprises with their subsequent improvement, working up technological mode.

Composting, aerator, mixer, clamp, rapid processing of manure, organic compost.

УДК 378.27

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ ВИКОРИСТАННЯ МУЛЬТИМЕДІА У НАВЧАННІ СТУДЕНТІВ

З.В. Ружи́ло, Л.Л. Роговський, Ю.І. Ревенко,
кандидати технічних наук

Розглянуті проблеми графічної підготовки студентів і шляхи їх розв'язку.

Навчальний процес, студенти, методика.

Вступ. Активне впровадження в навчальний процес нових технологій навчання спрямоване на розвиток і вдосконалювання підготовки фахівців, підвищення якості освітнього процесу. Необхідність удосконалювання технології викладання, у тому числі шляхом впровадження в навчальний процес нових інформаційних технологій, викликана нинішніми соціально-економічними умовами. Підготовлений і затребуваний фахівець повинен мати не тільки професійну компетентність у відповідній області, але й здатність працювати в різних структурних підрозділах підприємства, з прагненням і здатністю вчитися, підвищувати свою кваліфікацію.

Постановка проблеми. В сучасному стратегічному розвитку вітчизняної освіти одним із аспектів є вирішення проблем розвитку особистості студента та технологізації цього процесу. Педагогіка на даному етапі наповнюється новими постулатами – активність,

© З.В. Ружи́ло, Л.Л. Роговський, Ю.І. Ревенко, 2014

авторитет і ін. В таких умовах професійність педагога має бути спрямована на діагностику діяльності та спрямованості розвитку студента. Крім того викладачам кафедр, що здійснюють підготовку по дисциплінах конструктивно-розрахункового циклу добре знайомі проблеми, з якими зіштовхнулася вища школа в останні роки:

1. Недостатня базова (шкільна) підготовка по геометрії й майже повністю відсутня підготовка по кресленню, погано розвинене просторове й логічне мислення. 2. Скорочення кількості аудиторних годин на вивчення загальнотехнічних дисциплін. 3. Читання лекцій для значної кількості студентів в великих аудиторіях.

Аналіз останніх досліджень. Останнім часом у публікаціях Болюбаша Я.Я., Бондарчука Е.И., Столяренко Л.Д., Пінчука О.П., Тукало М.Д., Морзе Н.В., Осина А.В. відмічається, що при організації навчального процесу необхідно враховувати підвищені вимоги працедавців до випускників, але в умовах скорочення годин на аудиторну роботу при одночасному регламентуванні загального обсягу знань, умінь і навичок, якими повинен оволодіти студент при вивченні дисциплін, знижується засвоюваність матеріалу студентами.

Враховуючі низький рівень шкільної підготовки, треба не тільки збільшити кількість аудиторних годин, а й передбачити в робочій програмі частину занять на корекцію графічних і геометричних знань, так як усвідомлення студентом свого низького рівня знань різко знижує мотивацію до навчання. Колишні школярі не підготовлені до сприйняття інформації у великому колективі, де відсутній індивідуальний підхід, темп читання, метод подачі інформації орієнтований на «усередненого» студента. Тут корисно і зручно використовувати комп'ютерну техніку, яка допоможе лектору наочніше піднести висловлюваний матеріал, а студентам швидше сприйняти і зрозуміти його.

Досвід роботи вчених у аграрному ВНЗ дозволив виявити основні протиріччя, які виникають при організації мультимедійної лекції:

- між потребою оптимізувати наукову організацію праці викладачів та їх недостатньою професійною компетенцією із застосування засобів інформаційно-комунікаційних технологій;
- між потребою в активізації природних механізмів самоорганізації та саморозвитку студентів й недоцільним психолого-педагогічним застосуванням мультимедійних технологій викладачами;
- між використанням викладачами новітніх технологій у навчанні та недостатнім розумінням того, яким чином на різних етапах заняття застосовувати можливості мультимедіа.

В педагогічній літературі розглядаються різні підходи до проведення лекцій, а також до застосування засобів мультимедіа у навчанні. Проблему, яку розглядаємо в подібній роботі, можна сформулювати наступним чином:

- на підставі відомих педагогічних підходів до організації лекції потрібно поставити і вирішити задачу розробки методики (технології) підготовки мультимедійної лекції у аграрному ВНЗ як однієї з форм інноваційної освіти;

- під мультимедійною технологією розуміють технологію, яка окреслює порядок розробки, функціонування та застосування засобів обробки інформації різних модальностей [5].

Говорячи про різні аспекти використання мультимедійних технологій в освіті, автори обмежуються розглядом питань використання технічного засобу навчання або комп'ютерно-орієнтованого засобу навчання "нового" покоління, якому притаманні характерні ознаки: можливість об'єднання інформації, представленої в різних формах (текст, звук, графіка, відео, анімація) та інтерактивний режим роботи з інформацією.

Новітні розробки в навчанні із застосуванням комп'ютерних технологій і методів у сукупності називають мультимедіа [6]. Арсенал мультимедіа-технологій складає анімаційну графіку, відеофільми, звук, інтерактивні можливості, використання віддаленого доступу і зовнішніх ресурсів, роботу з базами даних тощо. Різноманітні інформаційні компоненти, які знаходяться під керуванням однієї чи декількох спеціальних програм, називаються мультимедіа-системою. Мультимедіа-системи мають унікальну можливість надавати величезну кількість корисної і цікавої інформації в максимально зручній і доступній формі. Саме завдяки цьому вони знаходять все більш широке застосування в різних сферах діяльності: в науці, освіті, професійному навчанні тощо.

Використання засобів мультимедіа дозволяє: підвищити інтенсивність і ефективність процесу навчання; створити умови для самоосвіти та дистанційної освіти, тим самим дозволяючи здійснювати перехід до безперервної освіти; у поєднанні з телекомунікаційними технологіями розв'язувати проблему доступу до нових джерел різноманітної за змістом і формою представлення інформації. Мультимедійні технології у навчанні розширюють уявлення про засоби навчання. Результатом використання мультимедійної технології є створення мультимедійного продукту. Під мультимедійними продуктами розуміють документи, які несуть в собі інформацію різних типів і припускають використання спеціальних технічних пристроїв для їх створення та відтворення [5]. Серед навчальних мультимедійних систем умовно виділяються

засоби, які є найбільш ефективними в освіті [6]: комп'ютерний тренажер; автоматизована навчальна система; навчальний фільм; мультимедіа-презентація; відеодемонстрація; мультимедійна енциклопедія; бібліотека електронної наочної допомоги та база даних; електронний підручник.

Мета досліджень. Розкрити методичні проблеми графічної підготовки студентів і шляхи їх розв'язку.

Результати досліджень. Розглянемо, як використати системний підхід для задачі оптимізації технології навчання. Процес набуття знань об'єктом, що навчається, будемо розглядати як трирівневу систему, де показник Q третього рівня ієрархії процесу навчання, це кількісна оцінка рівня підготовки навчаємого. Він дорівнює лінійній згортці взважених експертами – замовниками спеціаліста оцінок Jq відповідних спеціальних предметів:

$$Q(t_{ij}, Jq, q = \overline{1, k_2}) = \sum_{t=1}^{k_2} t_{3q} \times Jq, \sum_{t=1}^{k_2} t_{3q} = 1. \quad (1)$$

де $t_{ij} = [t_{31}, \dots, t_{33}]$ – експертні оцінки ваги кожного з q -х спец предметів в показнику Q . Для цього слід провести опитування експертів – спеціалістів – замовників майбутнього спеціаліста: навчальний процес повинен бути чітко зорієнтованим на замовника майбутніх спеціалістів. Для кожного спеціального предмету Jq повинен лежати в однакових межах, наприклад $[0 \div 100]$ балів. Таким чином, відбувається цілеорієнтація предметів на показник Q вищого рівня (вимоги замовника). Можливо більш детальне представлення q спецпредметів q_i підрозділами. Тоді вага t_{3q} q -го спецпредмету складається, як нормована відповідним чином сума:

$$t_{3q} = \sum_{i=1}^{m_q} t_{qi}, q = \overline{1, k_2}, \quad (2)$$

де t_{qi} – коефіцієнти ваги i -го підрозділу q -го спецпредмета.

2) Показник Jq ($q = \overline{1, k_2}$) другого рівня ієрархії процесу навчання визначається, як згортка зважених експертами-спеціалістами по q -й спецдисципліні оцінок Sqn n -их фундаментальних та загальноінженерних дисциплін:

$$J(t_2, Sqn, n = \overline{1, k_{q1}}) = \sum_{n=1}^{k_{q1}} t_{2qn} \times Sqn, \quad (3)$$

де t_{2qn} , аналогічно до попереднього виразу, можуть бути отримані як нормована сума:

$$t_{2qn} = \sum_{i=1}^{m_{qn}} t_{1qni}, n = \overline{1, k}. \quad (4)$$

В свою чергу на нижньому рівні ієрархії, показник Sqn визначається, як згортка векторів β_{nqk} параметрів ($\beta_{1nqk}, \beta_{2nqk}$) моделі навчаємого, отриманих за результатами ідентифікації моделі навчаємого в процесі навчання фундаментальним, загальноінженерним та спеціальним дисциплінам:

$$Sqn(\beta_{qkn}) = \sum_{k=1}^{m_{qn}} t_{1qnk} \cdot \beta_{qkn}, \sum_{k=1}^{m_{qn}} t_{1qnk} = 1, \quad (5)$$

де t_{1qnk} – експертні оцінки важливості знань q_{nk} -ого підрозділу відповідної k -ої дисциплін для ефективного засвоєння q_i -го підрозділу q -ї спецдисципліни.

Збіжність процесів оптимізації в багаторівневих системах можна суттєво покращити за умови подібності варіацій функціоналів суміжних рівней (J і S) моделі досліджуємого об'єкта в просторі варіюємих параметрів β . Очевидно, що якщо J , як показник якості вирішення головної задачі на об'єкті за допомогою моделі, дуже чутливий до похибки в оцінюванні i -ї компоненти β_i вектора β параметрів моделі і мало чутливий до β_i , то бажано мати оцінку β_i точнішу. Отже, в результаті маємо композицію трьох взаємоузгоджених критеріїв:

$$Q(J(S(\beta))) = \sum_{q=1}^{k_2} t_{3q} \left(\sum_{n=1}^{k_{1q}} t_{2qn} \left(\sum_{k=1}^{m_{qn}} t_{1qnk} \cdot \beta_{qkn} \right) \right), \quad (6)$$

де параметри β_{qkn} моделі навчаємого визначаються в процесі навчання на основі комп'ютерного поточного і остаточного тестування. Коефіцієнти t_3, t_2, t_1 , дають можливість цілеорієнтувати на головний показник Q кожний елемент системи і процесу навчання так, що важливі (в розумінні оптимальності Q) підрозділи будуть мати більшу вагу в оцінці рейтингу, не важливі – меншу. Таким чином реалізуються умова узгодженості показників якості Q, J, S . В кінцевому результаті маємо Q , як функцію β .

Однак використання в навчанні студентів мультимедії, необхідно дотримуватись принципів міри та комплексного характеру її застосування (табл. 1). Існує раціональний інформаційний об'єм сприйняття, перевищення якого призводить до зниження якості засвоєння навчального матеріалу.

1. Принципи міри та комплексного характеру застосування мультимедії в навчанні студентів.

Способи подачі матеріалу	Сприйняття матеріалу, %	Ступінь (%) зберігання інформації в пам'яті студента через	
		3 години	3 дні
Усне викладання матеріалу	15	70	10
Візуальне сприйняття	25	72	20
Мультимедійна подача матеріалу	65	85	50

Висновок. Використання навчальних 3-D формату істотно покращує сприйняття й осмислення питань, що розглядаються студентами, створює комфортніші умови для аудиторної роботи студентів та викладачів.

Список літератури

1. Русинова Л.П. Методы повышения эффективности действий студентов / Л.П. Русинова // Образовательные технологии. – Воронеж: ВГПУ, 2006. – № 5. – С. 70–76.
2. Чемоданова Т.В. Система информационно-технологического обеспечения графической подготовки студентов технического вуза : авторефер. дис. д-ра пед. наук / Т.В. Чемоданова. – Екатеринбург, 2005. – 36 с.
3. Нечаев Н.Н. Психолого-педагогические основы формирования профессиональной деятельности / Н.Н. Нечаев. – М.: Наука, 1988. – 142 с.
4. Петрук В.А. Теоретико-методичні засади формування професійної компетентності майбутніх фахівців технічних спеціальностей у процесі вивчення фундаментальних дисциплін : монографія / В.А. Петрук. – Вінниця : Універсум, 2006. – 292 с.
5. Мокін Б.І. Узагальнені математичні моделі блоків п'ятого рівня ієрархії, які замикають університетську синергетичну систему / Б.І. Мокін, А.В. Пислярова, Ю.В. Мокіна // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2009. – № 6. – С. 101–113.
6. Морева Н.А. Современная технология учебного занятия ; под ред. Н.А. Морева. – М. : Просвещение, 2007. – 156 с.
6. Образовательный портал. [Електронний ресурс] / Мультимедиа в образовании // Режим доступа : <http://www.ido.edu.ru/open/multimedia/index.html>.

Рассмотрены проблемы графической подготовки студентов и пути их решения.

Учебный процесс, студенты, методика.

The problems of graphic preparation of students and ways of solution.

Educational process, students, methods.

УДК 631.1

ДО ОБҐРУНТУВАННЯ НОРМАТИВНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ ЩОДО ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ ПРИ ПОСТАЧАННІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ

***В.І. Рубльов, В.Д. Войтюк, доктори технічних наук
В.Є. Рубльов, студент***

Технічний сервіс по результатах аналізу нормативних актів наведений як комплекс робіт та послуг із забезпечення покупок машини, ефективного використання та підтримання їх у

© В.І. Рубльов, В.Д. Войтюк, В.Є. Рубльов, 2014

Список літератури

1. Русинова Л.П. Методы повышения эффективности действий студентов / Л.П. Русинова // Образовательные технологии. – Воронеж: ВГПУ, 2006. – № 5. – С. 70–76.
2. Чемоданова Т.В. Система информационно-технологического обеспечения графической подготовки студентов технического вуза : авторефер. дис. д-ра пед. наук / Т.В. Чемоданова. – Екатеринбург, 2005. – 36 с.
3. Нечаев Н.Н. Психолого-педагогические основы формирования профессиональной деятельности / Н.Н. Нечаев. – М.: Наука, 1988. – 142 с.
4. Петрук В.А. Теоретико-методичні засади формування професійної компетентності майбутніх фахівців технічних спеціальностей у процесі вивчення фундаментальних дисциплін : монографія / В.А. Петрук. – Вінниця : Універсум, 2006. – 292 с.
5. Мокін Б.І. Узагальнені математичні моделі блоків п'ятого рівня ієрархії, які замикають університетську синергетичну систему / Б.І. Мокін, А.В. Пислярова, Ю.В. Мокіна // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2009. – № 6. – С. 101–113.
6. Морева Н.А. Современная технология учебного занятия ; под ред. Н.А. Морева. – М. : Просвещение, 2007. – 156 с.
6. Образовательный портал. [Електронний ресурс] / Мультимедиа в образовании // Режим доступа : <http://www.ido.edu.ru/open/multimedia/index.html>.

Рассмотрены проблемы графической подготовки студентов и пути их решения.

Учебный процесс, студенты, методика.

The problems of graphic preparation of students and ways of solution.

Educational process, students, methods.

УДК 631.1

ДО ОБҐРУНТУВАННЯ НОРМАТИВНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ ЩОДО ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ ПРИ ПОСТАЧАННІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ

***В.І. Рубльов, В.Д. Войтюк, доктори технічних наук
В.Є. Рубльов, студент***

Технічний сервіс по результатах аналізу нормативних актів наведений як комплекс робіт та послуг із забезпечення покупок машини, ефективного використання та підтримання їх у

© В.І. Рубльов, В.Д. Войтюк, В.Є. Рубльов, 2014

справному стані. Наведені технологічні процеси постачання з різноманітною номенклатурою існуючих послуг. Обґрунтована номенклатура нормативної документації на їх виконання і необхідність її розробки.

Технічний сервіс, постачання, технологічний процес, технологічні операції, послуги, нормативні документи.

Постановка проблеми. Відповідно Закону України „Про захист прав покупців сільськогосподарських машин” [1] технічний сервіс - це комплекс робіт та послуг із забезпечення покупців сільськогосподарськими машинами, ефективного використання та підтримання їх у справному стані протягом всього періоду експлуатації. Розгляд технічного сервісу (далі – ТС) як комплексу робіт і послуг передбачає необхідність розглядати його концептуально з використанням системного принципу. В основі його доцільно розглядати процес для управління якістю ТС і техніки [2-5]. Встановлено, що в середньому 13,6% (для окремих груп машин - від 0 до 75%) від їхнього загального числа формується на стадії проектування; 68,3% (для окремих груп машин – від 0 до 100%) – при виготовленні і 18,1% (для окремих груп машин – від 0 до 38%) – при постачанні споживачеві [6].

Вищевикладене вказує, що при розгляді теоретичних положень формування якості сільськогосподарської техніки (далі – СГТ) слід обов'язково урахувати сукупність таких стадій її життєвого циклу: проектно-конструкторські роботи, виготовлення, постачання, експлуатація, у тому числі використання техніки у технологічних процесах сільськогосподарського виробництва, технічне обслуговування й її відновлення.

Положення щодо вимог на перелік конструкторської документації при її розробці розглянуті у ГОСТ 15.001-88 [7]. Він передбачає, що при розробці на основі вимог технічного завдання і стандартів, що пов'язані з даним видом продукції, з урахуванням результатів випробувань у встановлених випадках розробляють проект нормативно-технічних документів на конкретну продукцію (технічні умови або стандарт) і вказують усі вимоги до якості продукції в технічній документації.

Однак, стандарт не містить в переліку експлуатаційні документи і документи на виконання ТС по номенклатурі монтажу, експлуатації та технічному обслуговуванню, як його складової.

В той же час, Закон України «Про стандарти, технічні регламенти та процедури оцінки відповідності» [8] передбачає необхідність розробки вказаних нормативних документів на розробку, виготовлення і послуги.

Вищевказане визначає проблему удосконалення номенклатури конструкторської документації і її реалізації при розробці у відповідності до Закону України «Про стандарти, технічні регламенти та процедури оцінки відповідності» [8].

Аналіз останніх досліджень. Сучасні вимоги до нормативних документів сформульовані в Законі України «Про стандарти, технічні регламенти та процедури оцінки відповідності» [8] і передбачають разом зі стандартами розробку технічних і технологічних регламентів.

Технічний регламент – закон України або нормативно-правовий акт, прийнятий Кабінетом Міністрів України, у якому визначено характеристики продукції або пов'язані з нею процеси чи способи виробництва, а також вимоги до послуг, включаючи відповідні положення, дотримання яких є обов'язковим. Він може також містити вимоги до термінології, позначок, пакування, маркування чи етикетування, які застосовуються до певної продукції, процесу чи способу виробництва.

Технологічний регламент – це основний технічний документ, що визначає технологію, режим, порядок проведення операцій технологічного процесу, показники якості продукції та безпечні умови роботи. Технологічні регламенти - затверджені у встановленому порядку правила виконання функцій суб'єктів галузей, які містять: опис процесів та операцій, що здійснюються в рамках виконання відповідної функції, із зазначенням їх учасників та ступенем ризику; схеми документообігу за відповідною функцією, процесом; перелік нормативно-правових актів та програмно-технічних комплексів, які використовуються при здійсненні процесів та операцій; опис ризиків за кожним процесом та відповідний перелік контрольних заходів.

Регламент повинен містити вимоги до рівня технології, комплексу технологічного обладнання, умов ефективної та безпечної його експлуатації, якості вихідної продукції, комплексного і раціонального використання технологічних матеріалів і вимоги щодо техніки безпеки й охорони навколишнього середовища.

Таким чином, відповідно до ліцензійних умов, технічний та технологічний регламенти це обидва нормативні технічні документи, які повинні містити вищенаведені вимоги. Технічний регламент має пріоритети вимог до продукції і пов'язані з нею процеси чи способи виробництва, а також вимоги до послуг. Технологічний регламент має пріоритети у виді технології, режимів, порядку проведення операцій технологічного процесу, показників якості продукції та безпечні умови роботи.

Особливо він має значення у практиці управління якістю продукції при визначених вимогах у світових стандартах ISO 9001-

2008, ISO 9004-2000, і гармонізованих з ними ДСТУ ISO 9001-2009 і ДСТУ ISO 9004-2001 [2–5]. Вони як основу управління якістю продукції розглядають процеси. Розгляд обов'язковості конструкторських документів щодо послуг ТС (постачання, монтажу, експлуатації, технічного обслуговування) вказує, що вони не обумовлюються ГОСТ 15.001-88 [7]. Вони також не враховуються, як обов'язкові, і у ГОСТ 2.601-95 (таблиця 2) [8].

Мета досліджень. Пристосувати перелік конструкторської документації до законодавчих вимог Закону України «Про стандарти, технічні регламенти та процедури оцінки відповідності» [8].

Задачі: 1. Виконати аналіз законодавчих і нормативних вимог щодо номенклатури конструкторської документації по забезпеченню якості ТС при постачанні СГТ. 2. Обґрунтувати перелік конструкторської документації по забезпеченню якості ТС при постачанні СГТ. 3. Сформулювати вимоги до конструкторської документації по забезпеченню якості ТС при постачанні СГТ. 4. Розробити рекомендації щодо забезпечення якості ТС при постачанні СГТ шляхом удосконалення конструкторської документації.

Методика роботи. При обґрунтування нормативної документації щодо забезпечення якості технічного сервісу сільськогосподарської техніки використовували метод інформаційного пошуку і морфологічного аналізу.

Для цього використовується матриця у виді таблиці з графами (табл. 1 і табл. 2), у яких вказуються нормативні документи, що підлягають розробці конструкторської документації відповідно законодавчим положенням і вимог стандартів на експлуатаційні документи.

Результати досліджень. На основі інформаційного пошуку встановлена невідповідність існуючих документів [7, 9] Закону України «Про стандарти, технічні регламенти та процедури оцінки відповідності» [8] та їх відсутність для ТС.

1. Види експлуатаційних документів.

Вид документу	Визначення
1. Керівництво щодо експлуатації	Документ, який містить інформацію про конструкцію, принцип дії, характеристики (властивостях) виробу, його складових частинах і вказівки, необхідні для правильної і безпечної експлуатації виробу (використання по призначенню, технічному обслуговуванню, поточному ремонту, зберіганню і транспортуванню) і оцінки його технічного стану при визначенні необхідності відправки його в ремонт, а також інформацію щодо утилізації виробу і його складових частин.

Продовження табл. 1

Вид документу	Визначення
2. Інструкція по монтажу, пуску, регулюванню і обкатки	Документ, якій містить інформацію, необхідну для монтажу, наладки, пуску, регулювання, обкатки, здачі виробу і його складових частин в експлуатацію на місці його використання.
3. Формуляр	Документ, якій містить інформацію щодо гарантії виробника, значення основних параметрів і характеристик (властивостей) виробу, відомості про технічний стан виробу, відомості про сертифікацію і утилізацію виробу, а також відомості, які реєструють у період його експлуатації (тривалість і умови роботи, технічне обслуговування, ремонт та інші дані).
4. Паспорт	Документ, якій містить інформацію, щодо гарантії виробника, значення основних параметрів і характеристик (властивостей) виробу, а також відомості про сертифікацію і утилізацію виробу.
5. Етикетка	Документ, якій містить гарантії виробника, значення основних параметрів і характеристик (властивостей) виробу, відомості про сертифікацію і утилізацію виробу (при необхідності).
6. Каталог деталей і складальних одиниць	Документ, якій містить перелік деталей і складальних одиниць виробу з ілюстрацією і відомості щодо їх кількості.
7. Норми витрати запасних частин	Документ, якій містить номенклатуру запасних частин виробу та їх кількість, що витрачається на нормовану кількість виробів за період експлуатації.
8. Норми витрати матеріалів	Документ, якій містить номенклатуру матеріалів та їх кількість, що витрачається на нормовану кількість виробів за період експлуатації.
9. Відомість комплекту запасних частин, інструменту і приладів (ЗІП)	Документ, якій містить номенклатуру, призначення, кількість і місця пакування запасних частин, інструментів, приладів і матеріалів, що витрачаються за період строку служби виробу.
10. Учбово-технічні плакати	Документ, якій містить відомості про конструкцію виробу, принципи дії, прийоми використання, технічного обслуговування, утилізації, галузях технічних знань з необхідними ілюстраціями.
11. Відомість експлуатаційних документів	Документ, якій встановлює комплект експлуатаційних документів і місце їх пакування

2. Номенклатура нормативних документів і ступінь обов'язковості їх розробки.

Код	Найменування документу	Обов'язковість розробки документу	Додаткові вказівки
1	2	3	4
КЕ	1. Керівництво щодо експлуатації	0	

Продовження табл. 2

1	2	3	4
ІМ	2. Інструкція по монтажу, пуску, регулюванню і обкатки	0	ІМ складають на монтаж, пуск, регулювання і обкатку виробу на місті його використання і у випадку, якщо ці вимоги недоцільно або неможливо викласти у КЕ
ФО	3. Формуляр	0	-
ПС	4. Паспорт	0	-
ЕТ	5. Етикетка	0	ЕТ складають на вироби, для яких дані, необхідні для експлуатації, не більше п'ятьох – шістьох основних показників. Для підтвердження цих показників немає необхідності складати ФО (ПС) і технічно їх неможливе і недоцільне маркувати на виробі.
КДС	6. Каталог деталей і складальних одиниць	0	КДС складають на вироби, для яких, на протязі часу експлуатації передбачені не однократний ремонт і зміни складових частин
НВЧ	7. Норми витрати запасних частин	0	Під НВЧ на період експлуатації одного виробу розуміють середнє очікуємо за цей період кількість змін складових частин за відмови і виробки ресурсу
НМ	8. Норми витрати матеріалів	0	Під НМ на період експлуатації розуміють середнє очікуємо за цей період кількість матеріалів
ЗІ	9. Відомість комплекту запасних частин, інструменту і приладів (ЗІП)	0	ЗІ складають на вироби, для яких, сумісно постачають прикладені до них комплекти ЗІ, а також набори ЗІ, що постачаються окремо від виробу, для експлуатації яких призначені ЗІ (наприклад ЗІ одиночний, груповий, ремонтний та ін.). Якщо кількість найменувань виробів і матеріалів незначна, то ЗІ допускається не розробляти, а їх номенклатуру перераховують у формулярі або у паспорті.
УП	10. Учбово-технічні плакати	0	УП розробляють по ГОСТ 2.605
ВЕ	11. Відомість експлуатаційних документів	0	ВЕ складають на вироби, у комп-лект експлуатаційних документів котрих входять два і більше самостійних документів

Умовні позначення: 0 – документ обов'язковий; 0 – необхідність розробки документу встановлює розробник.

По рівнянню з ГОСТ 15.001-88 [7] стандарт на експлуатаційні документи ГОСТ 2.601-95 [9] розглядає цілу низку експлуатаційних документів, які передбачають їх розробку (табл. 1). В той же час, тільки три документа з одинадцяти містять питання, що пов'язані з ТС виробу при постачанні. До них відносяться:

1. Керівництво по експлуатації з необхідністю оцінки технічного стану машини.
2. Інструкція по монтажу, пуску, регулюванню і обкатки.
3. Учбово-технічні плакати про конструкцію виробу, принципи дії, прийоми використання, технічного обслуговування.

Доцільно казати, що наочне надання виконання прийомів і установ технічного обслуговування машин надається відповідними рисунками у керівництві по експлуатації багатьох світових фірм. Наведена табл. 2 вказує, що всі одинадцять нормативних документів не підлягають обов'язковій розробці. З урахуванням вищевикладеного проблема якості сільгосптехніки й послуг при ТС полягає в глибокій різниці між вимогами споживачів до них і їхньою фактичною якістю. Рішення проблеми задоволення запитів споживачів СГТ й послуг зв'язано із системою факторів, що впливають на їхню якість. Реалізацію системи факторів (проектно-конструкторські роботи, виготовлення, постачання, експлуатація, технічне обслуговування й ремонт) необхідно розглядати концептуально. Вона повинна враховувати загальну державну політику, сформульованої у законодавчих документах, і спрямованої на розвиток сільськогосподарського виробництва. У цьому плані концепція технічного сервісу по управлінню якістю СГТ й послуг при її експлуатації повинна включати наступні складові: 1. Постачання й реалізація – продаж. 2. Використання техніки в технологічних процесах сільського господарства. 3. Технічне обслуговування техніки. 4. Ремонт техніки.

Наведене вказує на доцільність розробки наступних документів для СЖЦ постачання і реалізації-продажі.

1. Керівництво по експлуатації з необхідністю оцінки технічного стану машини.
2. Інструкція по монтажу, пуску, регулюванню і обкатки.
3. Учбово-технічні плакати про конструкцію виробу, принципи дії, прийоми використання, технічного обслуговування.

При цьому необхідно враховувати технологічні принципи. СЖЦ постачання СГТ взагалі передбачає найбільш характерну наступну номенклатуру технологічних операцій [10]:

- транспортування (Т) СГТ її виробником або постачальником;
- розвантаження (Р) СГТ у замовника;
- вхідний контроль (ВК) СГТ у її замовника;

- зберігання СГТ короткострокове (X_k) у посередника;
- зберігання СГТ середньострокове (X_c) у посередника;
- зберігання СГТ довгострокове (X_d) у посередника;
- доскладання машин (C) на підприємстві матеріально-технічного забезпечення;
- передпродажне обслуговування (O) СГТ;
- приймальний контроль (ПК) СГТ після зберігання (X_k , X_c , X_d), доскладання і передпродажного обслуговування;
- завантаження ($З$) СГТ для транспортування її споживачу;
- транспортування машини споживачу.

Зміна стану СГТ при поставці визначається рівнем технологічних процесів постачання, а стан технологічного процесу оцінюється за станом виробу. Дослідження свідчать, що при постачанні, виходячи з існуючого регламенту технологічних операцій послуг, використовуються 10 варіантів технологічних процесів послуг (рис. 1). Складовими елементами цих варіантів є такі технологічні операції і види робіт:

1 варіант: транспортування постачальником T + розвантаження P + вхідний контроль BK + реалізація R + транспортування техніки споживачем T_v ;

2 варіант: операції 1-го варіанта +зберігання короткострокове X_k + приймальний контроль $ПК$ після X_k ;

3 варіант: операції 2-го варіанта +доскладання машин C + $ПК$ після C + T_v ;

4 варіант: операції 3-го варіанта + передпродажне обслуговування O + $ПК$ + R + T_v ;

5 варіант: операції 4-го варіанта +перевезення вантажів по майданчиках T_t і всередині складських приміщень T_p підприємства MT_3 + $ПК$ + зберігання середньострокове X_c + $ПК$ після X_c ;

6 варіант: операції 5-го варіанта + C + $ПК$;

7 варіант: операції 6-го варіанта + O + $ПК$;

8 варіант операції 7-го варіанта + зберігання довгострокове X_d + $ПК$;

9 варіант: операції 8-го варіанта + C + $ПК$;

10 варіант операції 9-го варіанта + O + $ПК$.

При розробці нормативних документів треба враховувати контроль, як складову технологічних процесів [11]. В пропонуємих нормативних документах доцільно розглядати перелік контролюємих складових частин машин і деталей, показників і параметрів з урахуванням їх значущості. При цьому необхідно в технологічних картах контролю використовувати приймальний рівень дефектності "q" (рис. 2) [10, 12]. Для автоматичної обробки по результатів спостережень, контролю доцільно вказане позначити шифром з шестью цифрами.

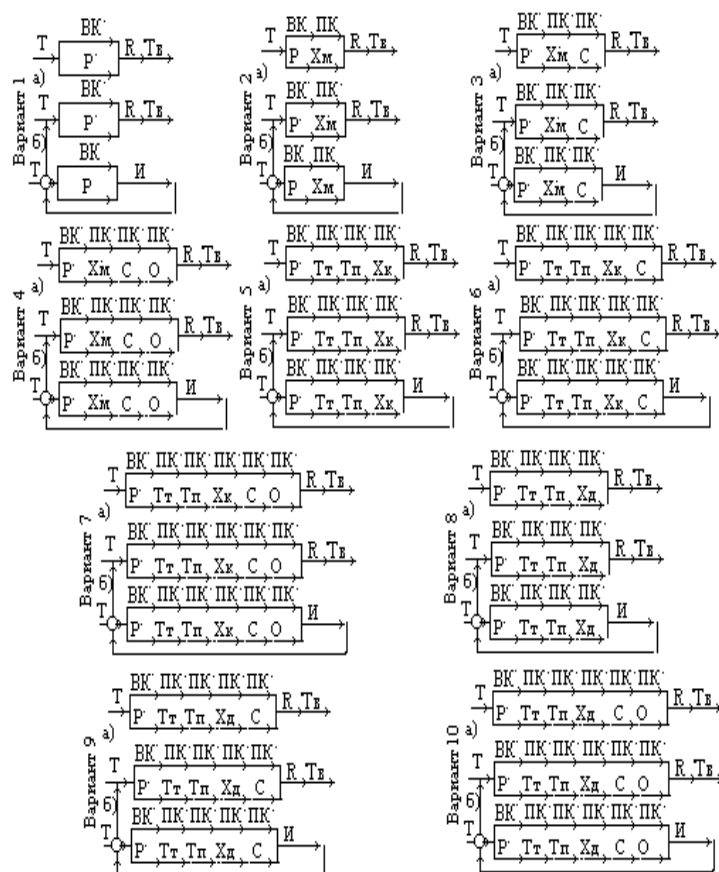


Рис. 1. Ланцюги технологічних процесів на СЖЦ поставки та реалізації сільськогосподарської техніки: а – при відсутності дефектів СГТ; б – при наявності дефектів СГТ з їх ізоляцією (И) і реалізацій після усунення дефектів.

Організація розробник		Карта контролю			Креслення
					Матеріал
Найменування				Аркушів	Аркуш
Код контролюючого показника	Назва контролюючого показника	Величина контролюючого показника	Метод інструмент, контролю	Приймальний рівень дефектності, q	
000000	Загально-системні показники				
.....					
000999	.....	.....	.....	.....	
001000	Системні показники	.....	.....	.....	
.....					
999999	.....	.....	.....	.....	

Рис. 2. Схема карти контролю.

На основі нормованих вимог до Єдиної системи технологічної документації були складені наступні вимоги до карт контролю (рис. 2). У їх склад входять:

1. Назва машини, її марка й інші необхідні реквізити.
2. Перелік контрольованих показників.
3. Шестизначний код для передачі значення контрольованого показника в довідково-інформаційний фонд.
4. Назва контрольованого показника (параметра).
5. Значення параметра контрольованого показника по кресленню і нормативно-технічної документації.
6. Інструменти, калібри, пристосування і методика, застосовувана для контролю.
7. Приймальний рівень дефектності, q .

При цьому можливе коректування змісту розроблених і занесених в автоматизований довідково-інформаційний фонд карт контролю. Це дає додаткову можливість вирішувати задачі по формуванню первинних карт дефектів для окремої машини, вносити в них зміни, вводити і коректувати показники кількості дефектів по коду контрольованого параметра, створювати зведені карти дефектів, проводити первинний статистичний аналіз кількості дефектів і здійснювати графічне подання даних про дефекти.

По результатах спостережень і аналізу нормативної документації (ДСТУ, ГОСТ, технічні умови на виготовлення) були розроблені рекомендації до статистичного контролю ґрунтообробної, посівної, збиральної техніки, енергетичних і транспортних засобів.

Висновок. Визначена проблема удосконалення номенклатури конструкторської документації щодо виконання послуг технічного сервісу сільськогосподарської техніки при постачанні. Обґрунтована необхідність пристосування переліку конструкторської документації до законодавчих вимог Закону України «Про стандарти, технічні регламенти та процедури оцінки відповідності». Сформульовані вимоги до конструкторської документації щодо забезпечення якості технічного сервісу сільськогосподарської техніки при постачанні. Розроблені і впроваджені рекомендації забезпечення якості технічного сервісу шляхом удосконалення конструкторської документації.

Список літератури

1. Закон України „Про захист прав покупців сільськогосподарських машин”.
2. ISO 9001:2008 Quality management systems – requirements.
3. ISO 9004:2000 Quality management systems -- guidelines for performance improvements.
4. ДСТУ ISO 9001:2009 (ISO 9001:2008). Системи управління якістю. Вимоги.

5. ДСТУ ISO 9004:2001 (ISO 9004:2000). Системи управління якістю. Настанови щодо поліпшення діяльності.
6. Рубльов В.І. Виготовлення – ведучий фактор забезпечення якості сільськогосподарської техніки / В.І. Рубльов // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. – Харків, 2011. – Вип. 110 «Ресурсозберігаючі технології, матеріали та обладнання у ремонтному виробництві». – С. 320.
7. ГОСТ 15.001-88 Система разработки и постановки продукции на производство. Продукция производственно-технического назначения.
8. Закон України «Про стандарти, технічні регламенти та процедури оцінки відповідності».
9. ГОСТ 2.601-95 Единая система конструкторской документации. Эксплуатационные документы.
10. Рубльов В.І. Управління якістю технічного сервісу і сільськогосподарської техніки при постачанні : посібник / В.І. Рубльов, В.Д. Войтюк ; за ред. проф. В.І. Рубльова ; 2-е видання доп. – К.: НАУ, 2006. – 236 с.
11. ГОСТ 3.1109-82 ЕСТД. Термины и определения основных понятий.
12. ГОСТ 18242-72 Качество продукции. Статистический приёмочный контроль по альтернативному признаку. Планы контроля.

Технический сервис по результатам анализа нормативных актов описан как комплекс работ и услуг по обеспечению покупателей сельскохозяйственными машинами, эффективного использования и поддержания их в исправном состоянии. Приведены технологичные процессы поставки с разнообразной номенклатурой существующих услуг. Обоснована номенклатура нормативной документации на их выполнение и необходимость её разработки.

Технический сервис, поставка, технологический процесс, технологическая операция, услуги, нормативные документы.

Technical service according to results of analysis of normative reports is described as complex of works and services on guarantee of buyers with agricultural machines, effective use and their maintenance in the working order. The technologically effective processes of delivery with diverse nomenclature of existing services are given. The nomenclature of normative documentation on their fulfilment and need for its development is substantiated.

Technical service, delivery, technological process, technological operation, service, normative documents.

ПНЕВМОМЕХАНІЧНИЙ ВИСІВНИЙ АПАРАТ З НАПРАВЛЕНИМ ВЕКТОРОМ ПРИСМОКТУВАЛЬНОЇ СИЛИ

П.С. Попик, інженер

В приведеній статті представлено удосконалений пневмомеханічний висівний апарат з новим висівним диском, що має направлений вектор присмоктувальної сили. Дана конструкція висівного диска покращує точність та підвищує надійність технологічного процесу висіву. Пневмомеханічний висівний апарат з запропонованою конструкцією висівного диска потребує меншої ступені розрідження в пневматичній системі, що в цілому зменшить енергозатрати машино-тракторного агрегату для посіву технічних просапних культур.

Пневмомеханічний висівний апарат, висівний диск, присмоктувальна сила, направлений вектор.

Постановка проблеми. Якість рівномірного розподілу насіння при сівбі залежить від багатьох показників роботи висівної машини. Основну роль при цьому відіграє ефективність роботи висівного апарата [1]. Висівні апарати сівалок точного висіву мають велику кількість конструктивних рішень, але основним дозуючим елементом дозування насіння залишається висівний диск з комірками.

Аналіз останніх досліджень. Проаналізувавши роботу пневмомеханічних висівних апаратів спостерігається нерівномірність висіву насіння, що може бути представлена двома групами відмов висівного апарата, а саме двійники та пропуски. У результаті спостерігається заповнення комірок висівного диска одночасно декількома насінинами (двійники) або не заповнення комірок насіннєвим матеріалом (пропуски), що в цілому оцінюється як технологічна відмова висівного апарата [2].

Недоліками серійних пневмомеханічних висівних апаратів є порушення технологічного процесу дозування насіння (пропуски, двійники). В пневмомеханічних висівних апаратах основним дозуючим елементом є диск з комірками, в яких вектор сили присмоктування не співпадає з вектором обертання висівного диска.

Мета досліджень. Розкрити конструктивні особливості пневмомеханічного висівного апарату з направленим вектором присмоктувальної сили.

Результати досліджень. Точність дотримання інтервалів між насінинами в рядках позитивно впливає на урожайність технічних та

просапних культур. Для підвищення точності посіву запропоновано принципово новий пневмомеханічний висівний апарат з внесеними змінами в конструкцію висівного диска [3]. Схема пневмомеханічного висівного апарату показана на рис. 1.

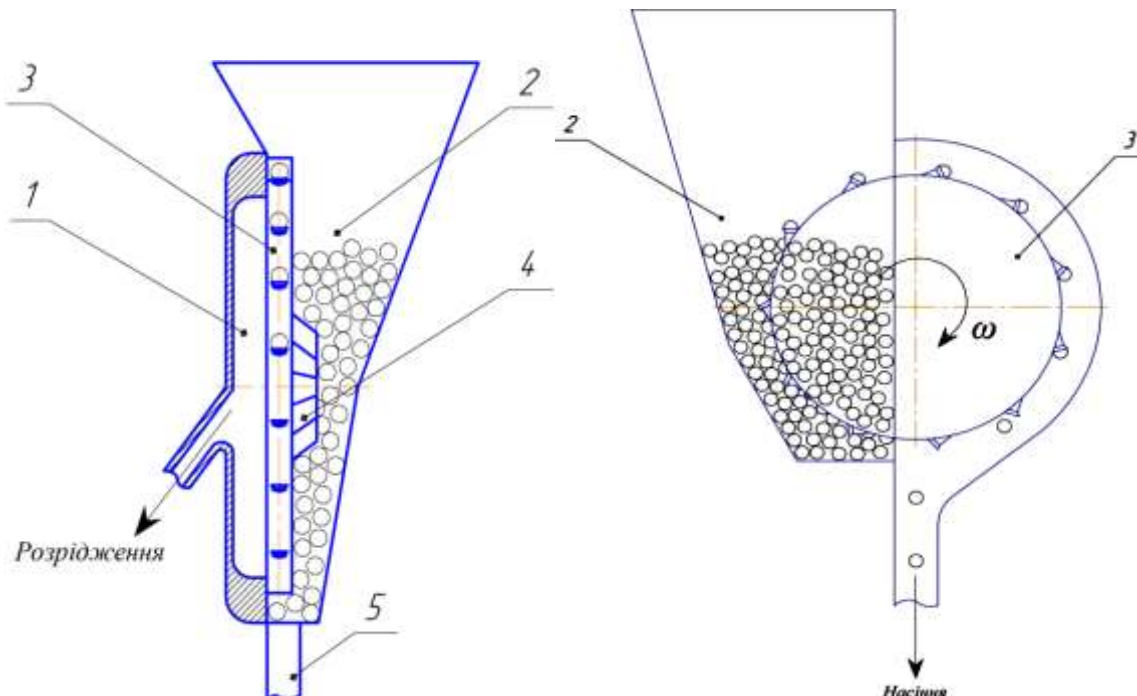


Рис. 1. Пневмомеханічний висівний апарат з направленим вектором присмоктувальної сили: 1 – вакуумна камера; 2 – насіннева камера; 3 – висівний диск з направленим вектором присмоктувальної сили; 4 – ворушилка; 5 – насіннепровід.

Апарат складається з вакуумної камери 1 до якої приєднано насіннєву камеру 2. Між камерами встановлено висівний диск 3.

Висівний диск 3 (рис. 2) виконано у вигляді пластины, товщина якої не менше діаметру використовуваного посівного матеріалу. В площині А диска по діаметру D виконано не наскрізні свердлення Б.

По дотичній до кола діаметром D в площині В диска виконані свердлення Г, кінці яких співпадають з осьовими не наскрізними свердленнями Б. Свердлення мають конічні сопла (присмоктувальні комірки) Е.

Напрямок вектора $\vec{V}$ лінійної швидкості обертання висівного диска співпадає з напрямом свердлень Г. Вектор V лежить в одній площині з вектором присмоктувальної сили F_p , і направлени один до одного. Пневмомеханічний висівний апарат працює наступним чином. При роботі висівного апарата під дію зовнішнього джерела у вакуумній камері утворюється розрідження в межах 0,0040...0,0050 МПа. Розрідження передається по свердленнях Б висівного диску 3 до свердлень Г.

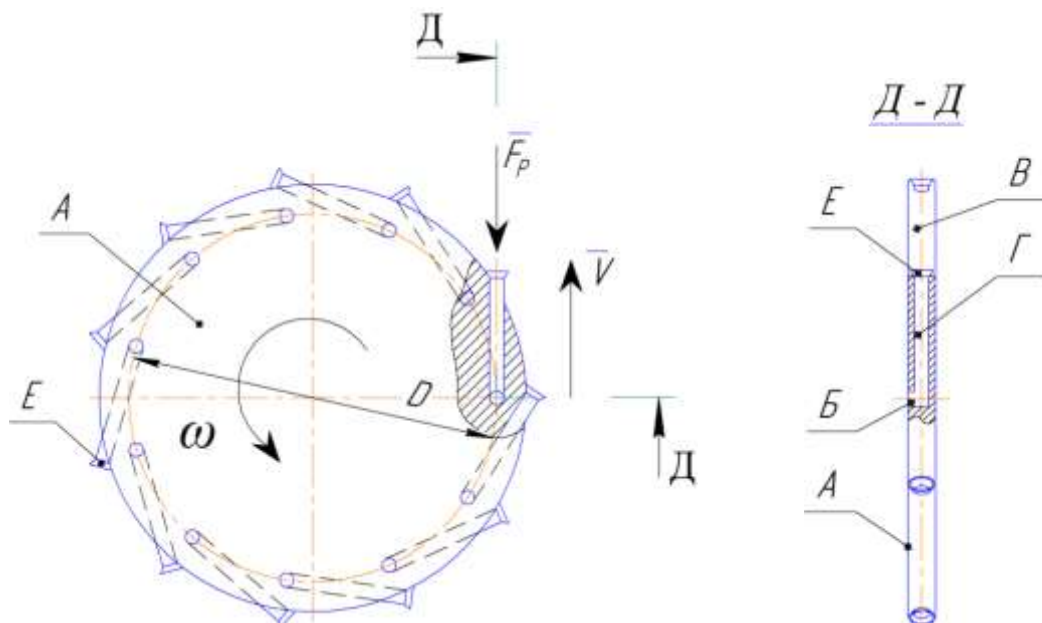


Рис. 2. Висівний диск з направленим вектором присмоктуючої сили: *A* – бокова площина висівного диска; *B* – осьове не наскрізне свердлення; *B* – торцева площина висівного диска; *Г* – свердлення; *E* – кінцеве сопло (присмоктувальна комірка) $\overline{F_p}$ – вектор присмоктувальної сили; $\overline{V}$ – вектор лінійної швидкості.

За рахунок розрідження з насінневої камери 2 до сопла *E* свердлень *Г* висівного диску 3 присмоктується насінина і обертається разом з диском до нижньої частини висівного апарата, де перестає діяти розрідження. У результаті під дією власної ваги насінина потрапляє в насіннепровід 5 і далі у сошник.

Таким чином направлена дія присмоктувальної сили F_p і напрям лінійної швидкості $\overline{V}$ обертання висівного диска, сприяють кращим умовам захвату насінин із насінневої камери, а конусоподібна форма сопла (комірки) забезпечує краще утримання однієї насінини і погіршує захват зайвих.

Висновок. Висівний пневмомеханічний апарат з внесеними змінами в конструкцію диску забезпечує найкращі умови захвату, утримання та виносу з маси насіння однієї насінини і транспортування її до насіннепроводу навіть при незначному розрідженні у вакуумній камері. У результаті покращується точність технологічного процесу висіву та зменшуються в цілому енергозатрати висівного агрегату при сівбі технічних просапних культур.

Список літератури

1. Войтюк Д.Г. Сільськогосподарські машини : посібник / Д.Г. Войтюк, Г.Р. Гаєрилюк. – К.: Урожай, 1994. – 448 с.

2. Бойко А.І. Методика оцінки якісних показників роботи висівних систем точного землеробства / А.І. Бойко, М.О. Свірень, С.М. Лещенко, О.О. Банний // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технології для сільського господарства України. – Дослідницьке: УкрНДІПВТ ім. Леоніда Погорілого, 2011. – Вип. 15(29). – С. 280–290.

3. Патент на корисну модель №84210 Україна, МПК А01С 7/04 Пневмомеханічний висівний апарат / А.І. Бойко, П.С. Попик // №u201305473; опубл. 10.10.2013, Бюл. № 19.

В приведенной статье представлен усовершенствованный пневмомеханический высевной аппарат с новым высевающим диском, который имеет направленный вектор присасывающей силы. Данная конструкция высевного диска улучшает точность и повышает надежность технологического процесса высева. Пневмомеханический высевной аппарат с предложенной конструкцией высевного диска нуждается в меньшей степени разрежения в пневматической системе, что в целом уменьшит энергозатраты машинно-тракторного агрегата для посева технических культур.

Пневмомеханический высевной аппарат, высевающий диск, присасывающая сила, направленный вектор.

In paper over improved pneumatic mechanical sowing apparatus is presented with new sowing disk which has directed vector of suction force. This construction of sowing disk improves exactness and promotes reliability of technological process of sowing. Pneumatic mechanical sowing apparatus with offered construction of sowing disk needs in less degree rarefaction in pneumatic system, that on whole will decrease power expenses of machine and tractor unit asm for sowing of industrial crops.

Pneumatic mechanical sowing apparatus, which sows disk, suction force, directed vector.

УДК 631.26.3

УДОСКОНАЛЕНА МЕТОДИКА КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО РОЗРАХУНКУ МОЛОТКОВОЇ ДРОБАРКИ ДЛЯ ЛІНІЇ ГРАНУЛЮВАННЯ ДЕРЕВНОЇ БІОМАСИ

В.М. Поліщук, С.Є. Тарасенко, кандидати технічних наук

© В.М. Поліщук, С.Є. Тарасенко, 2014

2. Бойко А.І. Методика оцінки якісних показників роботи висівних систем точного землеробства / А.І. Бойко, М.О. Свірень, С.М. Лещенко, О.О. Банний // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технології для сільського господарства України. – Дослідницьке: УкрНДІПВТ ім. Леоніда Погорілого, 2011. – Вип. 15(29). – С. 280–290.

3. Патент на корисну модель №84210 Україна, МПК А01С 7/04 Пневмомеханічний висівний апарат / А.І. Бойко, П.С. Попик // №u201305473; опубл. 10.10.2013, Бюл. № 19.

В приведенной статье представлен усовершенствованный пневмомеханический высевной аппарат с новым высевающим диском, который имеет направленный вектор присасывающей силы. Данная конструкция высевного диска улучшает точность и повышает надежность технологического процесса высева. Пневмомеханический высевной аппарат с предложенной конструкцией высевного диска нуждается в меньшей степени разрежения в пневматической системе, что в целом уменьшит энергозатраты машинно-тракторного агрегата для посева технических культур.

Пневмомеханический высевной аппарат, высевающий диск, присасывающая сила, направленный вектор.

In paper over improved pneumatic mechanical sowing apparatus is presented with new sowing disk which has directed vector of suction force. This construction of sowing disk improves exactness and promotes reliability of technological process of sowing. Pneumatic mechanical sowing apparatus with offered construction of sowing disk needs in less degree rarefaction in pneumatic system, that on whole will decrease power expenses of machine and tractor unit asm for sowing of industrial crops.

Pneumatic mechanical sowing apparatus, which sows disk, suction force, directed vector.

УДК 631.26.3

УДОСКОНАЛЕНА МЕТОДИКА КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО РОЗРАХУНКУ МОЛОТКОВОЇ ДРОБАРКИ ДЛЯ ЛІНІЇ ГРАНУЛЮВАННЯ ДЕРЕВНОЇ БІОМАСИ

В.М. Поліщук, С.Є. Тарасенко, кандидати технічних наук

© В.М. Поліщук, С.Є. Тарасенко, 2014

Проаналізовані існуючі методики конструктивно-технологічного розрахунку молоткової дробарки та проведене їх удосконалення стосовно подрібнення біомаси для ліній виробництва гранульованого біопалива

Молоткова дробарка, щільність матеріалу, критична лінійна швидкість ротора, діаметр ротора, довжина ротора.

Постановка проблеми. Для найбільш ефективного використання більшість видів біопалива має потребу в попередній підготовці. Основними проблемами є висока вологість і низька насипна вага більшості відходів рослинного походження, що призводить до необхідності їх сушіння та ущільнення для зручності транспортування. Найбільш ефективним способом підготовки біопалив є їх гранулювання, оскільки при цьому кінцева вологість готового продукту складає всього 8-12 %, а вихідний матеріал ущільнюється в 5-10 разів, що збільшує їх теплотворну здатність і зменшує витрати на транспортування.

Одним із етапів виробництва гранульованого біопалива є подрібнення сировини, яке може здійснюватись в дезінтеграторах, конусних, щічних, молоткових дробарках тощо. Для кінцевого дроблення матеріалу в лініях виробництва гранульованого біопалива часто використовуються молоткові дробарки, які відносяться до подрібнюючих машин ударної дії. Для ефективної роботи таких машин надзвичайно важливо правильно спроектувати та розрахувати їх конструктивні параметри.

Аналіз останніх досліджень. Розробкою методик проектування молоткових дробарок займались В.Я. Борщев, В.А. Бауман, Н.І. Гальперін, А.Н. Плановский тощо.

В роботі [5] ефективна представлена методика розрахунку молоткової дробарки, яка, на нашу думку, все ж має певні вади, що полягають в наступному: для визначення критичної лінійної швидкості ротора, при якій можливе руйнування матеріалу заданої величини, необхідно знати силу опору частинки руйнуванню, значення якої для біомаси відсутнє в довідковій літературі (в інших методиках для цієї цілі застосовується границя міцності матеріалу при розтягуванні); продуктивність, розрахована за формулою $P = D_p L_p^2 n$ надзвичайно висока, що не відповідає дійсності (дана формула виведена стосовно подрібнення вапняку [1]). В роботі [2] визначена реальна продуктивність дробарки, однак потужність двигуна за формулою $N = 9 D_p^2 L_p n$ явно завищена. В роботі [10] Встановлена раціональна потужність двигуна, однак відсутній конструктивний розрахунок елементів дробарки.

Тому **метою досліджень** є удосконалення представлених в літературних джерелах методик конструктивно-технологічного розрахунку молоткової дробарки.

Результати досліджень. В дробарках ударної дії матеріал руйнується під дією механічного удару, при якому кінетична енергія рухомих тіл повністю або частково переходить в енергію їх деформації і руйнування. В результаті удару билом або молотком частинка матеріалу руйнується, її осколки розлітаються і відкидаються на колосникові грати, створюючи камеру подрібнення. Ударяючись об колосникові грати, матеріал додатково подрібнюється і, відбиваючись, знову потрапляє під дію ротора. Це повторюється багато разів, поки частки матеріалу, досягнувши певних розмірів, не вийдуть крізь колосникові грати на розвантаження.

В деяких випадках матеріал, отримавши удар, починає обертатися довкола свого центру тяжіння з швидкістю, близькою до швидкості робочого органу дробарки, і руйнується, оскільки при цьому від дії відцентрових сил в шматку матеріалу виникає напруження, яке перевищує межу міцності при розтягуванні (наприклад, деревини впоперек волокон). Критичний розмір шматка матеріалу, при якому починається його руйнування, визначається за експериментальною формулою [1]:

$$d_{2кр} = 230 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{\sigma_p}{\rho \cdot v_p^{1,5}}, \quad (1)$$

де $d_{2кр}$ – критичний діаметр матеріалу, що подається на подрібнення, м; v_p – швидкість удару, що дорівнює лінійній швидкості ротора, м/с; σ_p – границя міцності матеріалу при розтягуванні, Па; ρ – щільність матеріалу, що подрібнюється, кг/м³.

Якщо шматок матеріалу буде мати розмір, менший за критичний, то при даних умовах він не піддається подрібненню.

Для молоткових дробарок основним критерієм для розрахунків є критична лінійна швидкість молотка, при якій можливе руйнування матеріалу заданої величини. Швидкість ротора вибирається залежно від заданого максимального розміру продукту подрібнення і характеристики матеріалу - границі міцності матеріалу при розтягуванні і його щільності [1]:

$$v_{кр} = 0,0175 \cdot \sqrt[3]{\left(\frac{\sigma_p}{\rho \cdot d_2}\right)^2}, \quad (2)$$

де $v_{кр}$ – критична лінійна швидкість ротора, при якій можливе руйнування матеріалу заданої величини, м/с; d_2 – діаметр матеріалу, що подається на подрібнення, м.

Щільність деревини основних лісових та садових порід дерев України становить 460-830 кг/м³.

Деревина має високу міцність при розтягуванні уздовж волокон; середню величину її для деревини різних порід можна прийняти 122 МПа. Проте використовувати цю властивість на практиці повною мірою важко із-за складності закріплення кінців деталі, де розвивається сколююча напруга і відбувається зминання деревини. Оскільки деревина погано чинить опір цим видам сил, практично руйнування звичайно відбувається не у формі розриву, а в місцях закріплення деталі у вигляді сколювання або зминання. Внаслідок цього деревина порівняно рідко застосовується для роботи на розтягування вздовж волокон. Міцність при розтягуванні впоперек волокон в середньому для всіх порід складає приблизно 1/20 міцності при розтягуванні уздовж волокон. З одного боку, ця міцність невисока (3-12 МПа), а з іншої – можливість появи тріщин в площині руйнування, коли опір може впасти до нуля, заставляє утримуватися від використання деревини для роботи на розтягування впоперек волокон. Міцність при розтягуванні впоперек волокон має істотне значення при різанні та сколюванні деревини [6]. Знаючи мінімально необхідну для руйнування матеріалу лінійну швидкість молотка, можна визначити необхідну для руйнування частинки матеріалу кутову швидкість молотка як [2]:

$$\omega = \frac{v}{R_{\max}}, \quad (3)$$

де ω – необхідна для руйнування частинки матеріалу кутова швидкість молотка, рад/с; $R_{\max}$ – радіус найбільш віддаленої від осі ротора точки молотка, м.

Радіус найбільш віддаленої від осі ротора точки молотка $R_{\max}$ визначається відповідно до конструктивних розмірів молотка. Для цього необхідно задатись такими конструктивними розмірами молотка, як довжина a , ширина b і товщина δ .

Тоді відстань від центра маси молотка до осі отвору (при умові одного отвору на молотці) визначається як [2]:

$$c = \frac{a^2 + b^2}{6 \cdot a}, \quad (4)$$

де c – радіус від центра маси молотка до осі отвору, м; a – довжина молотка, м; b – ширина молотка, м.

Щоб на вал підшипника дробарки не передавалися ударні імпульси від молотків, квадрат радіусу інерції молотка r_c відносно його точки підвісу до диска повинен визначатися як [2]:

$$r_c^2 = \frac{a^2 + b^2}{12}, \quad (5)$$

де r_c – радіус інерції молотка відносно його центру маси, м.

Радіус інерції молотка відносно осі його підвішування буде [2]:

$$r = \sqrt{r_c^2 + c^2}, \quad (6)$$

де r – радіус інерції молотка відносно осі його підвішування, м.

Відстань від кінця молотка до осі його підвішування становить [2]:

$$l = c + 0,5 \cdot a, \quad (7)$$

де l – відстань від кінця молотка до осі його підвішування, м.

Після цього вибирається відстань від осі підвішування молотка до осі ротора. Вибір проводиться виходячи із умови, що стійка робота молоткових дробарок спостерігається при умові нерівності відстаней від осі підвішування молотка як до його зовнішньої робочої кромки, так і до осі ротора. При цьому відстань від осі підвішування молотка до осі ротора R_0 повинна бути більшою від відстані від осі його підвішування до кінця молотка l ($R_0 > l$) [2].

Знаючи відстань від осі підвішування молотка до осі ротора R_0 та відстань від кінця молотка до осі його підвішування l , визначається радіус найбільш віддаленої від осі ротора точки молотка, яка необхідна для розрахунку кутової швидкості молотка за формулою (3) [2]:

$$R_{\max} = R_0 + l, \quad (8)$$

де $R_{\max}$ – радіус найбільш віддаленої від осі ротора точки молотка, м; R_0 – відстань від осі підвішування молотка до осі ротора, м; l – відстань від кінця молотка до осі його підвішування, м.

Знаючи кутову швидкість молотка можна визначити відцентрову силу його інерції [2]:

$$P_m = m_m \cdot \omega^2 \cdot R_c, \quad (9)$$

де P_m – відцентрова сила інерції молотка, Н; m_m – маса молотка, кг; R_c – радіус кола розміщення центру маси молотків, м.

Молотки дробарок виготовляються із сталі. Маса такого молотка визначається за формулою [2]:

$$m_m = V_m \cdot \rho_m = a \cdot b \cdot \delta \cdot \rho_m, \quad (10)$$

де V_m – об'єм молотка, м³; ρ_m – щільність матеріалу, з якого виготовлений молоток, кг/м³.

Радіус кола розміщення центру маси молотків визначається за формулою [2]:

$$R_c = R_0 + c, \quad (11)$$

Діаметр осі підвішування молотка визначається як [1, 3]:

$$d = 1,36 \cdot \sqrt[3]{P_m \cdot \delta / \sigma_m}, \quad (12)$$

де d – діаметр осі підвішування молотка, м; δ – товщина молотка, м; σ_m – допустима напруженість на вигин, Па.

Допустима напруженість на вигин приймається із довідкової літератури. Товщина диска визначається за формулою [1; 2]:

$$\delta_{\partial} \geq \frac{P_m}{d \cdot \sigma_{\partial \text{оп зм}}}, \quad (13)$$

де δ_{∂} – товщина диска, м; $\sigma_{\partial \text{оп зм}}$ – допустима напруженість на зминання, Па.

Допустима напруженість на зминання приймається із довідкової літератури. Зовнішній радіус диска визначається як [2]:

$$R = R_0 + 0,5 \cdot d + h_{\text{мін}}, \quad (14)$$

де R – зовнішній радіус диска, м.

Мінімальний розмір перемички між отворами під осі підвішування і зовнішньою кромкою диска повинен бути [2]:

$$h_{\text{мін}} \geq \frac{0,5 \cdot P_m}{\delta \cdot \sigma_{\text{зр}}}, \quad (15)$$

де $h_{\text{мін}}$ – мінімальний розмір перемички між отворами під осі підвішування і зовнішньою кромкою диска, м; $\sigma_{\text{зр}}$ – допустима напруга на зріз, Н.

Допустима напруженість на зріз вираховується за формулою [2]:

$$\sigma_{\partial \text{оп зр}} = (0,2 \dots 0,3) \cdot \sigma_m, \quad (16)$$

де σ_m – границя текучості, Па.

Для сталі марки Ст5, із якої найчастіше виготовляються лопатки дробарок, значення границі текучості σ_m становить 260-290 МПа.

Діаметр ротора дробарки визначається як подвоєна сума відстані від кінця молотка до осі його підвішування l і відстані від осі підвішування молотка до осі ротора R_0 [2]:

$$D_p = 2(R_0 + l), \quad (17)$$

де D_p – діаметр ротора дробарки, м.

Довжина ротора дробарки визначається залежно від його діаметра [2]:

$$L_p = (0,8 \dots 1,2) D_p, \quad (18)$$

де L_p – довжина ротора дробарки, м.

Кількість молотків залежить від фізико-механичних властивостей оброблюваного матеріалу. Велика кількість ярусів уповільнюватиме проходження матеріалу через робочу зону і, кінець кінцем, позначатиметься на продуктивності. Також може постраждає якість подрібнення – можлива поява ефекту переподрібнення. При малому ж числі молотків спостерігатиметься проскакування часток матеріалу і, як наслідок, внаслідок малої дії на матеріал, він не досягатиме необхідної міри дроблення. Звичайно необхідну кількість

молотків та їх рядів встановлюється дослідним шляхом. Мінімальна кількість має бути не менше 2, аби зрівноважити вал ротора.

Продуктивність дробарки визначається за формулами [1]:

$$\Pi = 480 \cdot \frac{D_p^{1,5} \cdot L_p}{v_p^{0,35} \cdot z^{0,5}} \cdot K_\beta, \quad (19)$$

де Π – продуктивність дробарки, м³/год; v_p – лінійна швидкість обертання ротора, м/с; z – число рядів молотків; K_β – коефіцієнт, що залежить від положення відбійної плити.

При роботі дробарки з опущеною відбійною плитою $K_\beta=1,3$, а при повністю піднятою відбійною плитою – $K_\beta=5,2$ [1]. Частота обертання ротора n визначається відповідно до відомої кутової швидкості молотка [2]:

$$n = \frac{30 \cdot \omega}{\pi}, \quad (20)$$

де n – частота обертання ротора, об/хв.

Потужність двигуна дробарки визначається за формулою [4]:

$$N = \frac{(0,1 \dots 0,15) \cdot \Pi \cdot i \cdot \rho}{1000}, \quad (21)$$

де N – потужність двигуна дробарки, кВт; Π – продуктивність дробарки, т/год; i – ступінь подрібнення матеріалу; ρ – щільність матеріалу, що подрібнюється, кг/м³.

Ступінь подрібнення i характеризується відношенням розміру D_m шматків матеріалу до подрібнення до розміру d_m шматків після подрібнення [5]:

$$i = \frac{D_m}{d_m}, \quad (22)$$

де D_m – розмір шматків матеріалу до подрібнення, м; d_m – розмір шматків матеріалу після подрібнення, м.

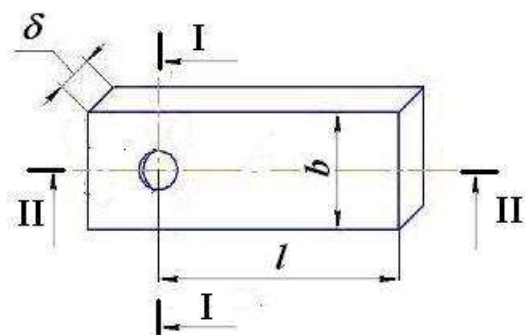


Рис. 1. Схема для розрахунку напружень.

Діаметр вала в небезпечному перетині біля шківів знаходиться за формулою:

$$d_0 = 0,052 \cdot \sqrt{\frac{N}{\omega}}, \quad (23)$$

де d_0 – діаметр вала в небезпечному перетині біля шківів, м; N – потужність двигуна дробарки, кВт; ω – кутова швидкість ротора, рад/с.

Наступним є розрахунок молотка на міцність.

Напруженість, що виникає в перетині I-I молотка становить:

$$\sigma_{I-I} = \frac{P_m}{(b-d) \cdot \delta}, \quad (24)$$

Допустима напруженість в перетині I-I молотка при цьому визначається за формулою:

$$\sigma_{\text{доп } I-I} = \frac{\sigma_m}{s}, \quad (25)$$

де $\sigma_{\text{доп } I-I}$ – допустиме напруження в перетині I-I молотка, Па; σ_m – границя текучості, Па; s – запас міцності.

Запас міцності для молотків дробарок становить 5. Напруженість зрушення, що виникає в перетині II-II молотка становить:

$$\sigma_{\text{зруш } I-I} = \frac{P_m}{2 \cdot \delta \cdot (l-b-d)}. \quad (26)$$

Допустима напруженість зрушення сталі становить 82 МПа.

Напруженість на зминання, що виникає в молотці, визначається за формулою:

$$\sigma_{zm} = \frac{P_m}{\delta \cdot d}. \quad (27)$$

Висновок. Представлена методика дозволяє визначати конструктивно-технологічні параметри молоткових дробарок в лінії гранулювання біомаси для енергетичних цілей

Список літератури

1. Бауман В.А. Механическое оборудование предприятий строительных материалов, изделий и конструкций :учебник для вузов / В.А. Бауман, Б.В. Клушанцев, В.Д. Мартынов. – М.: Машиностроение, 1975. – 351 с.
2. Борщев В.Я. Оборудование для измельчения материалов: дробилки и мельницы : учебное пособие / В.Я. Борщев. – Тамбов: Издательство Тамбовского государственного технического университета, 2004. – 75 с.
3. Дешко Ю.И. Измельчение материалов в цементной промышленности / Ю.И. Дешко, М.Б. Креймер, Г.С. Крыхтин. – М: Издательство литературы по строительству, 1966. – 276 с.
4. Плановский А.Н. Процессы и аппараты химической технологи : учебник для техникумов / А.Н. Плановский, В.М. Рамм, С.З. Каган. – М: ГННТХЛ, 1962. – 848 с.
5. Промышленная технология лекарств : учебник. В 2-х т. Том 1 / В.И. Чуешов,

О.И. Зайцев, С.Т. Шебанова, М.Ю. Чернов ; под ред. проф. В.И. Чуешова. – Х: МТК-Книга; Изд-во НФАУ, 2002. – 560 с.

6. Уголев Б.Н. Древисиноведение и лесное товароведение : учебное пособие для техникумов / Б.Н. Уголев. – М: Издательский центр "Академия", 2006. – 272 с.

Проанализированы существующие методики конструктивно-технологического расчета молотковой дробилки и проведено их усовершенствование относительно измельчения биомассы для линий производства гранулированного биотоплива.

Молотковая дробилка, плотность материала, критическая линейная скорость ротора, диаметр ротора, длина ротора.

The existent methods of structural-technological calculation of hammer crusher are analysed and their improvement is conducted in relation to growing of biomasses shallow for the lines of production of granular biopropellant.

Hammer crusher, closeness of material, stalling linear speed of rotor, diameter of rotor, length of rotor.

УДК 636:631.223.018:568.264

СКЛАД РОЗЧИНІВ ГНОЙОВИХ СТОКІВ ВЕЛИКОЇ РОГАТОЇ ХУДОБИ ПІД ЧАС АНАЕРОБНОЇ ФЕРМЕНТАЦІЇ В БІОРЕАКТОРАХ

***М.С. Коханенко, В.В. Михалевич, інженери
Інститут технічної теплофізики НАН України***

Описано технологію переробки розчинів гною великої рогатої худоби на біогазовій станції в с. В.Крупіль «Української молочної компанії». Показано, що ефективна робота біореакторів відбувається при регламенті технологічного параметра та сталому лужному режимі, який треба ретельно підтримувати.

Органіка, ферментація, переброджений розчин, біореактор.

Постановка проблеми. Агропромисловий комплекс (АПК) в Україні сьогодні – це один із небагатьох секторів, який в нинішніх умовах розвивається. [1] Тваринництво, як одна із галузей АПК, теж стабільно розвивається. А отже виникає питання з утилізацією органічних відходів. Утилізація органічних відходів призводить до значної економії цінної енергетичної сировини, так як продукти, які

© М.С. Коханенко, В.В. Михалевич, 2014

О.И. Зайцев, С.Т. Шебанова, М.Ю. Чернов ; под ред. проф. В.И. Чуешова. – Х: МТК-Книга; Изд-во НФАУ, 2002. – 560 с.

6. Уголев Б.Н. Древисиноведение и лесное товароведение : учебное пособие для техникумов / Б.Н. Уголев. – М: Издательский центр "Академия", 2006. – 272 с.

Проанализированы существующие методики конструктивно-технологического расчета молотковой дробилки и проведено их усовершенствование относительно измельчения биомассы для линий производства гранулированного биотоплива.

Молотковая дробилка, плотность материала, критическая линейная скорость ротора, диаметр ротора, длина ротора.

The existent methods of structural-technological calculation of hammer crusher are analysed and their improvement is conducted in relation to growing of biomasses shallow for the lines of production of granular biopropellant.

Hammer crusher, closeness of material, stalling linear speed of rotor, diameter of rotor, length of rotor.

УДК 636:631.223.018:568.264

СКЛАД РОЗЧИНІВ ГНОЙОВИХ СТОКІВ ВЕЛИКОЇ РОГАТОЇ ХУДОБИ ПІД ЧАС АНАЕРОБНОЇ ФЕРМЕНТАЦІЇ В БІОРЕАКТОРАХ

***М.С. Коханенко, В.В. Михалевич, інженери
Інститут технічної теплофізики НАН України***

Описано технологію переробки розчинів гною великої рогатої худоби на біогазовій станції в с. В.Крупіль «Української молочної компанії». Показано, що ефективна робота біореакторів відбувається при регламенті технологічного параметра та сталому лужному режимі, який треба ретельно підтримувати.

Органіка, ферментація, переброджений розчин, біореактор.

Постановка проблеми. Агропромисловий комплекс (АПК) в Україні сьогодні – це один із небагатьох секторів, який в нинішніх умовах розвивається. [1] Тваринництво, як одна із галузей АПК, теж стабільно розвивається. А отже виникає питання з утилізацією органічних відходів. Утилізація органічних відходів призводить до значної економії цінної енергетичної сировини, так як продукти, які

© М.С. Коханенко, В.В. Михалевич, 2014

отримують в результаті цього процесу, біогаз і напіврідка маса, являють собою велику цінність як газоподібне паливо і органічне добриво. [3, 5] Комплексною переробкою гною та органічних відходів тваринництва займаються лише деякі господарства. Існують різні технології переробки органічних відходів АПК [4] .

Аналіз останніх досліджень. В Україні вперше на діючій біогазовій станції велись постійні дослідження та аналіз отриманих даних.

Мета досліджень – постійний контроль переробки органічних розчинів під час анаеробної ферментації. На основі отриманих даних оптимізувати процес переробки.

Результати досліджень. Як відомо, органічні відходи сільськогосподарського виробництва, особливо з підвищеною вологістю, наприклад відходи тваринництва, є сприятливим середовищем для життєдіяльності різних видів мікроорганізмів.

Дослідами на біогазовій установці ферми «Папардес» було доведено, що в гнойових стоках одразу після дефікації проходить інтенсивний мікробіологічний процес, змінюється склад та якісні характеристики гнойових стоків, а їх свіжість впливає на продукцію біогазу.

В інституті теплофізики довгий час проводились дослід по вивченню органічних відходів сільськогосподарського виробництва. Працюючи з гнойовими стоками великої рогатої худоби (далі – ВРХ) (с. В. Крупіль, «Українська молочна компанія»), нас цікавило, як змінюється склад та якість стоків та перебродженого розчину під дією анаеробних мікроорганізмів під час ферментації.

При розкладі органічних речовин збільшується кислотність та змінюється рН середовища. Відомо, що від зміни кислотності розчину залежить значення продукції біогазу та вміст в ньому метану.

На біогазовій станції (с. В. Крупіль) гній прибирають три рази на добу, коли корови йдуть доїтися. З насосної станції гнойові стоки зразу ж передаються до ємності попереднього утримання, а з неї до ферментаторів на переробку. Для аналізу відбираються проби з двох насосних, ємності попереднього утримання та зливних патрубків трьох ферментаторів.

В процесі анаеробного зброджування виділяють кислу і лужну (метанову) фази. Під час кислої фази значення рН знижується завдяки утворенню летючих кислот. Це зниження компенсується розщепленням летючих кислот метаноутворюючими бактеріями та відповідним продукуванням бікарбонатів.

В біореакторах при нормальному ході процесу всі групи мікроорганізмів діють згуртовано. Всі проміжні продукти розпаду

однієї стадії переробляються бактеріями другої стадії. Життєдіяльність різних груп бактерій обох фаз проходить енергійно та погоджено. При будь – яких порушеннях процесу – різкої зміни температури, перевантаження біореактора, наявності інгібіторів та інших причин, порушується діяльність метанових бактерій, найбільш чутливих до зміни середовища. В таких випадках в біореакторі збільшується кількість продуктів кислої фази, змінюється рН.

В дослідженнях, проведених до 1960 року, було показано, що оптимальні значення рН для метаноутворюючих бактерій знаходяться в межах 6,4 – 7,5 і що ці бактерії дуже чутливі до змін даного показника.

В лабораторії «Огре» проводили переробку різної сировини в анаеробних умовах. За допомогою стандартних методів дослідження аналізували склад початкової та перебродженої сировини, виходу біогазу. В табл. 1 наведені дані досліджень щодо гною ВРХ.

1. Фізичні показники досліджень при анаеробній переробці гною ВРХ в лабораторії «Огре».

рН		Кількість сухих органічних речовин (СОР), г		Летючі жирні кислоти, мг/л		Продукція метану CH_4 , л/год СОР	Деструкція розкладу СОР, %	Час переробки (бродиння),
до загр.	після загр.	до загр.	після загр.	до загр.	після загр.			
7,6	7,9	80,8	58,7	2095,9	339,2	27,3	27,3	16

Так, як ми працюємо з біореакторами, де їх вихід на сталий технологічний режим відбувся та іде підтримка їх роботи в оптимальному режимі, а в середовищі, що ферментується, утворилася така асоціація близьких до оптимальної кількості та співвідношенню різних груп бактерій, які адаптувалися до цих умов переробки (стала температура 38°C, загрузка свіжої сировини о 8^й, 16^й та 24^й годині по 30 м³, циклічна робота мішалок, тощо) дозволяє очікувати вихід біогазу в межах 66,14 м³/добу та виробити до ~12 МВт/добу електроенергії та відповідну кількість теплоти.

Нас цікавило, як змінюється значення рН на протязі доби після загрузок свіжої сировини в ферментатори та добові значення.

В табл. 2 наведені середні значення рН з насосних та ферментаторів за добу по трьом послідовним чисткам та передачі свіжої сировини на ферментацію.

2. Середні значення рН за добу.

Місце відбору проби	Передача свіжої сировини		
	1 чистка	2 чистка	3 чистка
Насос. №1	6,79	6,69	6,56
Насос. № 2	6,85	6,88	6,95
Фермент. (середня)	7,86	7,63	7,65

Аналізуючи дані дослідження видно, що середні значення рН в ферментаторах відповідають ~7,7 (лужна фаза метаноутворення), мікрофлора в ферментаторах сильна, процес деструкції іде цілеспрямовано на виробництво біогазу. За цю добу було вироблено біогазу – 67,8 м³/добу та електроенергії – 12,3 МВт/добу.

Незначні розбіжності в значеннях рН першої та другої насосної свідчать про те, що в загонах, які обслуговує насосна №1 знаходяться корови більш старшої групи, а в загонах, де насосна №2 – корови молодого стада.

На біогазовій станції в с. В.Крупіль постійно велись спостереження за роботою станції. В табл. 3 наводимо вибірково дані спостереження значення рН.

3. Дані значень рН в початкових та переброджених розчинах.

Місце відбору проби	Дати проведення аналізів							
	31.01 2009	10.06 2009	5.11 2009	30.10 2010	5.02 2011	26.04 2011	17.08 2011	9.11 2011
Насос.1	6,56	-	6,48	-	6,82	6,93	7,02	7,07
Насос.2	6,82	-	7,04	7,07	7,04	7,24	7,15	7,19
Ємн.попер.утри м	-	6,61	6,86	6,72	6,95	6,56	7,01	7,15
Фермен.1	-	7,72	7,75	8,10	7,65	7,82	7,89	7,84
Фермен. 2	-	7,83	7,77	7,93	7,69	7,85	7,86	8,02
Фермен. 3	6,97	7,83	7,75	7,90	7,75	7,85	7,89	7,84

Пуск біогазової станції відбувався на початку 2009 року. Аналізуючи дані табл. 3 бачимо, що з часом значення рН в ферментаторах змінюються в бік лужного значення, що свідчить про адаптацію спільноти бактерій, яка відбулася та досягла порівняно високої та сталої продуктивності по біогазу.

Нами були проведені дослідження, чи змінюється значення рН по висоті розчину у ферментаторі. Висота ферментатора 6 м (без газового купола), робочий рівень розчину коливається від 5,2 до 5,6 м. Для цього проби відбиралися через пробовідбірник верхнього шару розчину та із зливних труб перебродженого розчину відповідно після загрузки свіжого продукту через 40 хвилин після перемішування розчину. При цьому, температура розчину в ємності

попереднього утримання була в межах 18°C (вересень) та 14°C (листопад), в ферментаторах в межах регламенту ~38°C. Дані дослідження наведені в табл. 4.

4. Значення рН по висоті шару робочого розчину в ферментаторах.

Дата	Місце відбору проби	Періодичність (раз на добу)	Діючий об'єм розчину, м ³	рН	Вологість, %	Абс. сухі, %	Біог. по відн. до абс.с, %	Зольн. по відн. до абс.с, %		
8.09 2010	Ф 1	в	2100	7,72	96,24	3,76	85,15	14,85		
		н		7,72	96,07	3,93	81,27	18,72		
		в		7,75	96,28	3,72	81,2	18,8		
		н		7,72	95,85	4,14	80,24	19,76		
		в		7,74	96,37	3,63	81,0	19,0		
		н		7,75	96,14	3,86	80,37	19,63		
		в		7,94	96,1	3,9	81,43	18,56		
		н		7,75	95,95	4,02	78,54	21,46		
	Ф2									
	Ф3	н	2102	7,84	96,58	3,42	79,35	20,64		
	Ємн. поп. ут.		390	6,97	93,96	4,04	84,22	15,78		
	Ф1	н	2100	7,92	95,99	4,01	80,62	19,38		
16.09 2010	Ф2	в	2063	7,67	96,62	3,38	79,92	20,08		
		н		7,93	95,78	4,22	77,42	22,58		
		в		7,83	96,16	3,84	79,44	20,56		
		н		7,83	96,06	3,94	79,66	20,34		
	Ф3	в	2063	7,75	96,25	3,75	80,08	19,92		
		н		7,97	96,1	3,9	79,65	20,35		
		Ємн. поп. ут.		1	304	6,86	94,78	5,22	84,46	15,54
	4.11 2010	Ф1	в	2100	7,75	96,15	3,85	76,51	23,49	
			н		7,92	96,3	3,7	74,87	25,13	
		Ф2	в	2101	7,77	96,3	3,7	77,31	22,69	
			н		7,91	95,93	4,07	75,93	24,07	
Ф3		в	2106	7,75	96,12	3,88	78,93	21,07		
		н		7,87	96,1	3,9	77,17	22,83		

Аналізуючи дані, які в першому ферментаторі (від 8.09.10 р) знімалися протягом доби після кожної з чотирьох загрузок по 20 м³, після регламентного перемішування розчину на протязі 40 хв бачимо, що значення рН близькі по своїм значенням по висоті розчину і відповідають лужному (метаноутворюючому) процесу переробки. В другому ферментаторі (від 16.09.10 р) здійснювались тільки три загрузки на добу по 20 м³. Значення рН аналогічні

попереднім. Цікаво, що за час роботи біогазової станції, навіть при значних зливах розчину з ферментаторів, зниженню температури розчину в зимові місяці роботи, значення рН в біореакторах не знижувалась до 7 та менше, а залишалася на рівні лужних значень. Це ще раз доводить, що в біореакторах утворилась сильна спільнота мікрофлори, яка постійно підтримує метаноутворюючий процес в ферментаторах.

Висновки

Дані, отримані на біогазовій станції в с. В. Крупіль «Української молочної компанії» та їх аналіз показали, що на ферментацію завантажуються початковий розчин підвищеної вологості (регламент – 93 %), що впливає на регламентні показники роботи біогазової станції. За час роботи в біореакторах утворилась сильна спільнота мікрофлори, яка постійно підтримує метаноутворюючий процес в ферментаторах, який відповідає лужним значенням рН.

Ефективність процесу переробки, яка має відбуватися при стабільних технологічних режимах, оцінюємо у 85 – 95 %.

Список літератури

1. Бородачева Н.В. Органическое производство в Украине / Н.В. Бородачева // Агроперспектива, 2005. - №1 – с. 49 – 52.
2. Ганжара Н.Ф. Современные способы биоконверсии органических отходов и получения высококачественных органических удобрений / Н.Ф. Ганжара, Р.Ф. Байбеков, Д.Ю. Колтыхов, И.В.Андреева, О.Е. Ефимов // Известия ТСХА. – 2007. – № 1. – С. 133–141.
3. Ковалёв Д.А. Совершенствование технологии очистки навозных свинокомплексов / автореферат д.т.н. – М., 2004. – 32 с.
4. Сидыганов Ю.Н. Анаэробная переработка отходов для получения биогаза / Ю.Н. Сидыганов, Д.Н. Шамшуров, Д.В. Костромин // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2008. – №6, 1-44. – С. 42–43.

Описана технология переработки растворов навоза крупного рогатого скота на биогазовой станции в с. В. Крупиль «Украинской молочной компании». Показано, что эффективная работа биореакторов происходит при регламенте технологического параметра и устойчивому щелочной режиме, который надо тщательно поддерживать.

Органика, ферментация, переброженный раствор, биореактор.

The technology of processing solutions cattle manure in biogas plant in village. V. Krupil "Ukrainian Dairy Company." It is shown that effective operation of bioreactors happens when regulations and constant technological parameter alkaline mode, which must be carefully maintained.

Organics, fermentation, roam solution, bioreactor.

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ПОДРІБНЮВАЧІВ ЗЕРНОВИХ КОРМІВ

С.Є. Потапова, інженер

Запропоновано варіант удосконалення методики порівняльного оцінювання машин для подрібнення зернових кормів.

Подрібнювачі зерна, якість подрібнення кормів, продуктивність, енергоємність, ступінь подрібнення.

Постановка проблеми. Для існування та розвитку галузі тваринництва важливе значення має раціональне використання кормової бази. У зв'язку з цим особливої значущості набуває розробка критеріїв і методів оцінки ефективності технологічних прийомів обробки кормової сировини, і вибору технічних засобів для їх здійснення

Однією з найбільш важливих і обов'язкових технологічних операцій підготовки кормів, і зокрема зерна, до згодовування є подрібнення [1]. У практиці кормоприготування процес подрібнення розглядається як процес руйнування зернових кормів з метою одержання продукту з оптимальною крупністю часток, необхідною для ефективного його використання.

Оптимальна крупність кормових часток визначається за науково обґрунтованими зоотехнічними рекомендаціями і залежить від біологічного виду та віку тварин і птиці, від виду зерна і характеру його використання (згодовування окремо чи в складі кормових сумішок або комбікормів) [1,2].

Висока якість подрібнення кормів забезпечується комплексом заходів, пов'язаних з удосконаленням машин-подрібнювачів, підвищенням вимог до керування процесом і контролю продуктів подрібнення.

Аналіз результатів останніх досліджень. Основними параметрами процесу при подрібненні є, як відомо [3], продуктивність Q і питома енергоємність q (витрати енергії на одиницю продукції) обладнання

$$q = \frac{N_n}{Q}, \quad (1)$$

а також якість одержуваного продукту. Проте загальний рівень продуктивності не може бути визначним критерієм, так як визначається цілою низкою конструктивно-технологічних параметрів,

© С.Є. Потапова, 2014

в першу чергу – розмірами робочої камери та робочих органів, кінематичними режимами подрібнювачів, фізико-механічними та технологічними властивостями сировини, що переробляється.

Більш об'єктивним критерієм можна вважати продуктивність, що припадає на одиницю площі поверхні робочої камери. Питомі показники навантаження відображають повноцінність використання простору камери подрібнення, робочих органів машини і значною мірою визначають метало- та енергоємність процесу. Разом з тим, питоме навантаження і енергоємність не враховують якості подрібнення.

Для порівняльного оцінювання технічних засобів застосовують показник енергоємності E_n з урахуванням досягнутого ступеня подрібнення:

$$E_n = \frac{q}{\lambda}, \quad (2)$$

де – N_n потужність, споживана на подрібнення (за вирахуванням втрат холостого ходу); λ – ступінь подрібнення матеріалу, що переробляється.

Але, і в цьому випадку енергетична оцінка здійснюється без урахування рівномірності гранулометричного складу продуктів подрібнення, що не повністю задовольняє умові підвищення ефективності використання кормів. Відомо, що зниження коефіцієнта варіації фракційного складу продукту при подрібненні кормової сировини на кожні 10% під час згодовування тваринам за технологічною ефективністю рівноцінне додатковому виробництву або економії 1-3% кормів. Тому для оцінки якісного аспекту процесу і засобів подрібнення, крім ступеня подрібнення матеріалу, або крупності кінцевого продукту, необхідно враховувати і рівномірність фракційного складу кормових частинок.

Під час комплексного оцінювання і порівняння варіантів енергетичну ефективність процесів і засобів подрібнення пропонується [3] визначати з урахуванням рівномірності фракційного складу кінцевого продукту наступним чином:

- в загальному випадку:

$$E_k = \frac{q}{\lambda(1 - \frac{v}{100})}; \quad (3)$$

- при однаковій крупності і нормованому значенні коефіцієнта варіації фракційного складу продукту:

$$E_p = q \frac{v}{v_n}, \quad (4)$$

де – E_k енергоємність процесу з урахуванням досягнутих ступеня подрібнення матеріалу, що переробляється, та рівномірності фракційного складу отриманого продукту (комплексний критерій); E_p – енергоємність процесу з урахуванням відповідності рівномірності продуктів подрібнення нормативним вимогам; v і v_n , відповідно, – фактичне і нормативне значення коефіцієнтів варіації фракційного складу подрібнених кормів.

Метою досліджень є визначення основних критеріїв оцінювання та вибір методики проведення комплексного порівняльного оцінювання засобів для подрібнення зернових кормів.

Результати досліджень. Для обґрунтування вибору того чи іншого варіанту конструкції подрібнювачів зерна необхідно, насамперед, визначитися із переліком критеріїв оптимізації для подальшої побудови цільової функції. Як було сказано вище, доцільним є комплексне оцінювання за показниками енергетичної ефективності процесу та якості отриманого продукту. Виділяють такі основні критерії та вимоги якісного подрібнення кормів [1]: середньозважений розмір кормових часток (модуль помелу M) має відповідати науково обґрунтованим зоотехнічним вимогам; коефіцієнт варіації фракційного складу продуктів подрібнення не повинен перевищувати 45-65%. Верхня межа рекомендується для дрібного та середнього помелів зерна, нижня – для крупного помелу.

Проте, крім крупності кінцевого продукту, та рівномірності їх фракційного складу необхідно враховувати і інші показники. Зокрема, незалежно від кінцевої крупності часток при подрібненні зернових кормів небажаним є утворення пиловидних фракцій (згідно вимог машиновипробувальних організацій, вона не повинна перевищувати 20%). Надмірне пилоутворення призводить до втрат корму, перевитрат електроенергії на процес подрібнення, зниження довговічності машин, та підвищення експлуатаційних витрат. Пиловидні часточки погано поїдаються тваринами та гірше засвоюються [1;4].

Обмежується також наявність цілих зерен у помелі фуражного зерна (0,3-0,5%), тобто не більше 6 зерен в 100 г подрібненого продукту.

Для здійснення порівняльної оцінки та вибору подрібнювача зерна пропонуємо використати метод результуючого показника якості [5]. Він заснований на формуванні узагальненого показника через інтуїтивне оцінювання впливу частинних показників якості $k_1, \dots, k_n$ на результуючу якість виконання системою її функцій. Оцінювання такого впливу даються групою фахівців – експертів, які мають досвід розробки подібних систем. Найбільше застосування

серед результуючих показників якості одержали адитивний, мультиплікативний і мінімаксний показники.

За адитивного згортання результуючим показником є сума зважених нормованих частинних показників, у той час, як мультиплікативне згортання – це добуток нормованих показників, піднесених до степеня (показник степеня – ваговий коефіцієнт) [5;6].

При здійсненні багатокритеріальної порівняльної оцінки доцільно, на нашу думку, використовувати метод адитивного згортання показників. Використовується у тому випадку, коли критерії незалежні по значущості і їх можна виміряти в кількісній шкалі. Цільова функція має вигляд :

$$f = \sum_{i=1}^n c_i \bar{k}_i \rightarrow \text{extr} \quad (5)$$

де $\bar{k}_i$ – i -й окремий критерій оптимальності в нормованому вигляді, c_i – ваговий коефіцієнт значущості i -го певного критерію,

$$\sum_{i=1}^n c_i = 1; c_i > 0; i = 1, \dots, n. \quad (6)$$

Величина вагового коефіцієнта значущості критеріїв c_i визначається за формулою:

$$c_i = \frac{\sum_{j=1}^n \delta_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \delta_{ij}}, \quad (7)$$

де δ_{ij} – бальна оцінка значущості i -го критерію, яка дана j -м експертом i -тому значенню критерію; j – індекс експерта; i – індекс критерію.

Операція нормування дозволяє виключити вплив на інтегральну оцінку f одиниць вимірювання, величини інтервалу припустимих значень критеріїв, а також уточнює його екстремальність. Для введення нормованих значень показників якості $\bar{k}_1, \dots, \bar{k}_i$ використовують вираз [6]:

$$\bar{k}_i = \frac{k_i}{k_{i0}}, \quad (8)$$

де k_{i0} – деяке опорне (граничне) значення k_i -го показника якості.

Узагальнюючи все вищесказане, пропонуємо використовувати наступну методику для здійснення комплексної порівняльної оцінки процесів і технічних засобів подрібнення зерна з урахуванням показників енергоємності та якості подрібнення.

Для порівняння зернових подрібнювачів доцільним є вибір наступних критеріїв:

k_1 – питома енергоємність процесу, кВт·год/т;

k_2 – коефіцієнт варіації, %;

k_3 – вихід пиловидної фракції, %;

k_4 – кількість цілих (неподрібнених) зерен, %.

Такий вибір уможливлює класичну постановку задачі математичної оптимізації:

$$\left. \begin{array}{l} f_k(k_1, k_2, k_3, k_4) \rightarrow \min \\ \text{за умов} \\ k_1 < k_{10} \\ k_2 < k_{20} \\ k_3 < k_{30} \\ k_4 < k_{40} \end{array} \right\}, \quad (9)$$

де $k_{10} \dots k_{40}$ – граничні значення відповідних змінних,

$$k_{10} = 20 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{т}, k_{20} = 45\%, k_{30} = 20\%, k_{40} = 0,5\%.$$

Підставивши ці значення у формулу (4) отримаємо вирази для визначення нормованих значень показників якості:

$$\bar{k}_1 = \frac{k_1}{20}, \bar{k}_2 = \frac{k_2}{45}, \bar{k}_3 = \frac{k_3}{20}, \bar{k}_4 = 2k_4. \quad (10)$$

Отримані нормовані значення є безрозмірними величинами.

В результаті отримуємо комплексний безрозмірний показник f_k , за яким можливо здійснити порівняльну оцінку подрібнювачів зерна.

В грудні 2013 року на базі комбікормового цеху ВП НУБіП України НДГ «Агрономічна дослідна станція» була проведена виробнича апробація вальцедекової (одновальцевої) зернодробарки. Під час випробувань досліджувались вищеназвані показники: питома енергоємність q процесу подрібнення, коефіцієнт варіації v , вихід пиловидної фракції p , кількість z цілих зерен. Дані, отримані під час випробувань вальцедекової зернодробарки, порівнювали з відповідними показниками роботи комбікормового агрегату, що використовується в господарстві (табл. 1).

1. Порівняльні дані.

Агрегат	Культура	Модуль помелу M , мм	Помел	q , кВт год/т	v , %	p , %	z , %	f_k
1. Вальце-дековий	ячмінь	1,69	середній	5,8	12	2,7	0	6,43
2. БМК-1		1,74	середній	9	24,5	15	0,8	14,1

Як видно з таблиці, вальцедекова (одновальцева) дробарка має нижчий показник f_k , що свідчить про доцільність її використання з точки зору енергомісткості та якості подрібнення, що є передумовою підвищення ефективності використання кормів і збільшення виробництва продукції тваринництва.

Висновок. Визначені критерії та методика дозволяють здійснювати комплексну порівняльну оцінку процесів і технічних засобів подрібнення зерна з урахуванням показників енергоємності та якості подрібнення, що є передумовою підвищення ефективності використання кормів і збільшення виробництва продукції тваринництва.

Список літератури

1. Ревенко І.І. Машины та обладнання для тваринництва / Ревенко І.І., Брагінець М.В, Ребенко В.І. – К.: «Кондор» 2009. – 735 с.
2. Мельников С.В. Механизация и автоматизация животноводческих ферм / С.В. Мельников. – Л.: Колос, 1978. – 560 с.
3. Ревенко И.И. Комплексная энергетическая оценка процессов и средств измельчения кормового сырья / И.И. Ревенко. // Доклады ВАСХНИЛ. – 1988. – №6. – С. 39–40.
4. Глебов Л.А. Повышение эффективности измельчения компонентов комбикормов / Л.А. Глебов // Комбикормовая промышленность : обзорн. инф. – М., 1984. – 42 с.
5. Новожилова М.В. Математичні моделі захисту інформації : навчальний посібник / М.В. Новожилова, С.С. Добротворський, Я.В. Здановський. – Х.: ХДТУБА, 2008. – 80 с.
6. Герасимов Б.М. Специальные главы высшей математики / Б.М. Герасимов, С.Д. Эйдельман. – К.: Квирту ПВО, 1990. – Ч.1. Математические методы оптимизации. – 172 с.

Предложен вариант усовершенствования методики сравнительного оценивания машин для измельчения зерновых кормов.

Измельчители зерна, качество измельчения зерна, производительность, энергоёмкость, степень измельчения.

A variant of improvement methodology of comparative evaluation of machines for grinding grain feed.

Grinders of grain, quality of grain refinement, performance, consumption, degree of comminution.