

Vol. 9, No 2

2018

ISSN 2663-1334 (print)

ISSN 2663-1342 (online)

Machinery & Energetics

Journal of Rural Production Research



ЗМІСТ

Обґрунтування геометричних параметрів магнітної системи вітроелектричного вентильного реактивного генератора з кільцевим ротором	
V. V. Kozirsky, O. D. Podoltsev, M. I. Tregub.....	5-9
Синтез синтетичних регуляторів автоматизованої системи управління для виробництва цукру	
V. P. Lysenko, M. A. Sych, D. S. Komarchuk.....	11-18
Реалізація оптимального режиму руху ролика формуючої установки на прискорення четвертого порядку	
V. S. Loveykin, K. I. Pochka.....	19-26
Оптимізація режиму запуску ковшового елеватора за критерієм середньої швидкості зміни зусилля в тязі тіла під час зіткнення на приводний барабан	
V. S. Loveykin, Ju. V. Loveykin, L. B. Tkachuk.....	27-35
Резонансні методи передачі електричної енергії та додатків	
D. S. Strebkov, A. I. Nekrasov, A. A. Nekrasov.....	37-43
Особливості зернових культур спектральний аналіз з використанням БПЛА	
V. P. Lysenko, S. A. Shvorov, N. A. Pasichnyk, O. O. Opryshko, D. S. Komarchuk, Yu. O. Hunchenko.....	45-52
Зниження втрат насіння і витрата палива у врожаю ріпаку	
L. Špokas, S. V. Smolinskiy, G. Žebrauskas, A. Čiplienė.....	53-60
Перспективи виробництва і споживання біопалив другого покоління в Україні	
T. A. Zheliezna, S. V. Drahniev, A. I. Bashtovyi, I. L. Rogovskii.....	61-66
Використання насіння чіа в якості інгредієнта подрібнювання напівфабрикатів продуктів харчування	
N. V. Golembovska, N. M. Slobodyanyuk.....	67-71
Модель оптимізації витрат інвестиційно-будівельного проекту платної автомобільної дороги	
O. M. Zagursky, V. V. Kukanov.....	73-77
Деякі аспекти інформаційного забезпечення роботоздатності складної сільськогосподарської техніки	
A. V. Novitskiy, S. S. Karabinyosh.....	79-84
Фізичні і хімічні параметри модельних композицій відбивних за допомогою насіння льону	
I. A. Veretynska, Yu. G. Sukhenko, N. M. Slobodyanyuk.....	85-88
Аналіз технологічної ефективності процесу обробітку цукрових буряків на основі методу моделювання	
M. P. Volokha.....	89-94
Методи раціоналізації енергетичних ресурсів під час роботи з операційною системою	
S. M. Golopura, B. V. Sinenko.....	95-100
Розв'язування конструктивно-технічних задач в умовах деформації їх змісту	
L. V. Berezova.....	101-104

Особливості експлуатації і ремонту заглиблювальних елетронасосів типу ЕЦВ	
Z. V. Ruzylo, R. M. Ostapenko, T. V. Dudchak.....	105-108
Аналіз дендрофлори в ландшафтному дизайні старовинного парку селища Немішаєве	
M. P. Kuzminets, Yu. I. Dubovenko, V. V. Patoka, O. M. Kuzminets.....	109-116
Впровадження технологічної лінії виробництва паливних гранул із відходів деревообробки і меблевого виробництва на ПП "Малинська меблева фабрика"	
V. M. Polishchuk, V. O. Naumenko, O. V. Naumenko.....	117-122
Методика експериментальних досліджень керованого гравітаційного витоку зернових матеріалів із фізичної моделі самоскидного бункера	
L. S. Shymko.....	123-127
Експериментальне дослідження коливань робочих органів культиватора на пружній стійці	
A. I. Alferov, R. V. Antoshenkov, G. P. Yuryeva.....	129-132
Навігаційні системи в технологіях точного землеробства	
O. M. Vechera, I. L. Rogovskii, S. I. Pastushenko.....	133-138
Методика дослідження впливу вологості насіння соняшника на раціональну швидкість повітряного потоку в пневмогравітаційному сепараторі	
S. V. Kyurchev.....	139-141
Дослідження характеристик автотранспортного двигуна 6ГЧН13/14 з наддувом і розподіленою подачею газу	
V. M Manoylo.....	143-147
Визначення умов для самоочищення шнекового робочого органу кормоприготувального агрегату	
V. S. Khmelovskyi.....	149-153
Загальні положення структурної схеми АРМ оператора-діагноста зернозбирального комбайна	
D. Yu. Kalinichenko, I. L. Rogovskii.....	155-160
Рішення завдання розпізнавання сполучень дефектів агрегатів зернозбирального комбайна на основі ШНМ	
Д. Ю. Калініченко, І. Л. Роговський.....	159-168

УДК 621.313.2

ОБҐРУНТУВАННЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ МАГНІТНОЇ СИСТЕМИ ВІТРОЕЛЕКТРИЧНОГО ВЕНТИЛЬНОГО РЕАКТИВНОГО ГЕНЕРАТОРА З КІЛЬЦЕВИМ РОТОРОМ

В. В. Козирський¹, О. Д. Подольцев², М. І. Трегуб³

¹Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна.

²Інститут електродинаміки, Україна.

³Білоцерківський національний аграрний університет, Україна.

Кореспонденція авторів: epafort1@ukr.net, podol@ied.org.ua, tregyb.m.i@gmail.com.

Історія статті: отримано – березень 2018, акцентовано – травень 2018.

Бібл. 7, рис. 6, табл. 0.

Анотація. За допомогою методів чисельного моделювання та експериментальних досліджень визначено вплив габаритних розмірів феромагнітних елементів кільцевого ротора вентильного реактивного генератора на кратність зміни магнітної провідності його електромагнітної системи в процесі руху. Визначені числові співвідношення геометричних розмірів цих елементів, за яких досягається максимальна зміна провідності. Отримані числові залежності щодо обмеження радіальної висоти феромагнітного елемента за різних розмірів сторони його квадратного перетину.

Ключові слова: вітроелектричний вентильний реактивний генератор, кільцево-циліндричний ротор, магнітна провідність, оптимальні геометричні розміри, електромагнітна система.

Постановка проблеми

Найдосконалішим способом приєднання електричної машини до робочого пристрою вважається взаємне інтегрування їх конструкцій без будь-яких трансмісійних вузлів і механізмів та одночасно без погіршення функціональних і технічних показників.

Аналіз останніх досліджень

Зокрема, для безтрансмісійних вітроелектричних установок кільцевий ротор не повинен суттєво впливати на аеродинамічні показники. Всі конструктивні типи електричних машин фактично визначаються конфігурацією ділянки магнітного кола ротора, яка найкоротша із прямолінійним напрямом магнітного потоку в роторах дискової та кільцево-циліндричної форми [5, 6]. Такі форми перспективні для вентильних реактивних електричних машин (ВРЕМ), у яких на роторі відсутні будь-які обмотки або постійні магніти [1]. Електричні машини з кільцево-циліндричним ротором крім того мають майже удвічі більшу площу активної поверхні в робочому немагнітному проміжку та подвійне число

полюсів порівняно з традиційними електричними машинами із суцільним циліндричним ротором. Можна назвати ще ряд принципових переваг, які підтверджують перспективність кільцево-циліндричного типу електричних машин [7], однак з огляду на нетрадиційність конфігурації їх магнітної системи методи обґрунтування оптимальних геометричних розмірів магнітопровідної ділянки ротора потребують нових рішень, порівняно із методами оптимізації зубцево-пазових ділянок роторів традиційних електричних машин, зокрема [2] конструктивно подібних до ВРЕМ індукторних генераторів (ІГ).

Тому можна стверджувати, що розвиток методів визначення оптимальних геометричних параметрів магнітних систем вентильних реактивних генераторів (ВРГ) з кільцево-циліндричним ротором є актуальним завданням.

Мета досліджень

Метою даної роботи є обґрунтування за результатами математичного та фізичного моделювання оптимальних значень геометричних параметрів магнітної системи ВРГ з кільцевим ротором, які перспективні у різних сферах, зокрема у безтрансмісійних вітроустановках та низьконапірних гідроелектростанціях.

Результати досліджень

Дослідження проводили теоретичним і експериментальним методами. Методика теоретичних досліджень полягала у побудові ескізної моделі елементарної функціональної ланки електромагнітної системи і теоретичного аналізу магнітних провідностей за статичних положень максимумів і мінімумів їх значень. Конструктивна схема, запропонованої [3] елементарної ланки електромеханічної системи із кільцевим ротором дугостаторного ВРГ, зображена на рис. 1.

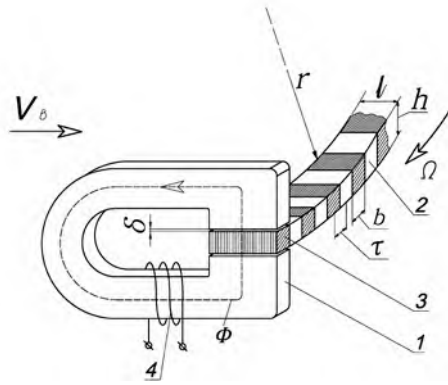


Рис. 1.

Кільцевий ротор радіусом r із однаковими за розміром немагнітопровідними 2 і феромагнітними 3 його ділянками та полюсним поділом τ обертається з кутовою швидкістю Ω і проходить через проріз монопакетного магнітопроводу 1 статора із повітряним проміжком δ з кожного боку. Габаритні розміри ділянок ротора: l – аксіальна довжина, h – радіальна висота, b – дуговий сегмент. Середня лінія магнітного потоку Φ та орієнтовний напрям вітру зі швидкістю V_δ . На магнітопроводі статора виконана обмотка 4. На дуговому статорі може встановлюватися різне число таких однопакетних, магнітно не зв'язаних між собою статорних модулів, які є окремими електромеханічними системами, що гранично спрощує їх функціонування за принципом вентильних електричних машин. Напрямок вітру обумовлює однозначні габаритні вимоги до конструктивних розмірів кільцевого ротора, серед яких найбільший аеродинамічний вплив має радіальна висота h , яка за умов забезпечення необхідної механічної жорсткості та функціональних параметрів електромеханічної системи повинна мати мінімальні значення. Оскільки у безтрансмісійних низькооборотних електромеханічних системах радіус кільцевого ротора може становити кілька метрів, то можна проаналізувати лінійну розгортку магнітного кола, що має дуже незначні відмінності від реальної форми ділянки. В основі принципу функціонування даної електромеханічної системи є періодична зміна магнітної провідності координатною зміною положення ділянок кільцевого ротора відносно осі магнітопроводу статора, тому найбільш важливо розглянути два крайні положення, за яких відповідно матимемо максимальне і мінімальне її значення. Для двох граничних положень ділянок полюсного поділу розгортки кільцевого ротора побудована спрощена графоаналітична картина силових ліній плоскопаралельного магнітного поля за відомим методом Ріхтера, яка показана рис. 2(а, б).

Графічний аналіз дає підстави вважати, що за умови відсутності насичення магнітопроводу в положенні повного входження феромагнітного елемента ротора у проріз магнітопроводу статора (рис. 2, а) і при цьому значно меншим розміром повітряного проміжку від полюсного поділу ($\delta \ll \tau$), явище випинання магнітного поля буде впливати лише на незначне збільшення площі перетину

немагнітної ділянки, а потоки розсіювання будуть мінімальні.

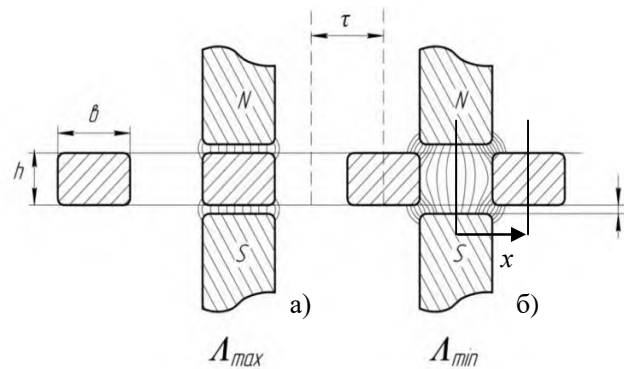


Рис. 2.

Оскільки $\mu_0 \ll \mu_\phi$, то Λ_{\max} залежатиме практично від розмірів повітряного проміжку δ , а розмір h феромагнітного елемента ротора на цей показник мало впливає. Це можна показати відомим аналітичним розрахунковим виразом максимального значення магнітної провідності:

$$\Lambda_{i\delta\delta} = (R_\delta + R_\phi)^{-1} = (2\delta / \mu_i b l + h / \mu_\phi b l)^{-1}, \quad (1)$$

де: R_δ – магнітний опір повітряного проміжку, R_ϕ – магнітний опір магнітопровідної ділянки кола, μ_ϕ – магнітна проникність феромагнітного матеріалу магнітопроводу. Аналізуючи порядкові значення чисел магнітної проникності повітря μ_0 і електротехнічної сталі μ_ϕ можна показати, що складова магнітного опору магнітопроводу не перевищуватиме 0,01%. Складніше завдання визначення мінімальної величини провідності у положенні (рис. 2, б), оскільки аналітично складно розрахувати магнітний опір у режимі насичення через бічні поверхні сусідніх феромагнітних елементів ротора. Тому була необхідність дослідження тривимірної моделі розподілу магнітного поля в активній зоні чисельним методом скінчених елементів за допомогою пакету програм COMSOL.

Для розрахунку магнітного поля та магнітної провідності магнітної системи в залежності від положення ротора використовувався фрагмент цієї системи, показаний на рис. 3 (а) із зображенням скінчених елементів. Він містить полюси електромагніту 1 та рухомий кільцевий ротор, який має три феромагнітні елементи 2. Напруженість магнітного поля \mathbf{H} у активній зоні магнітної системи має лише одну функціональну складову, для якої можна ввести скалярний магнітний потенціал φ_m , так що $\mathbf{H} = -\nabla \varphi_m$. Розподілення цього потенціалу, виходячи з виразу $\nabla \cdot \mathbf{B} = 0$, описується рівнянням Лапласа $\nabla \cdot (-\mu_0 \mu_r \nabla \varphi_m) = 0$.

Дана залежність має граничні умови: на нижній поверхні першого полюсу задавалось $\varphi_m = \varphi_{m,1} = 0$, на верхній поверхні другого полюсу – $\varphi_m = \varphi_{m,2}$ (див. рис. 3, а), а на всіх інших поверхнях – умови магнітної ізоляції – $\partial \varphi / \partial n = 0$.

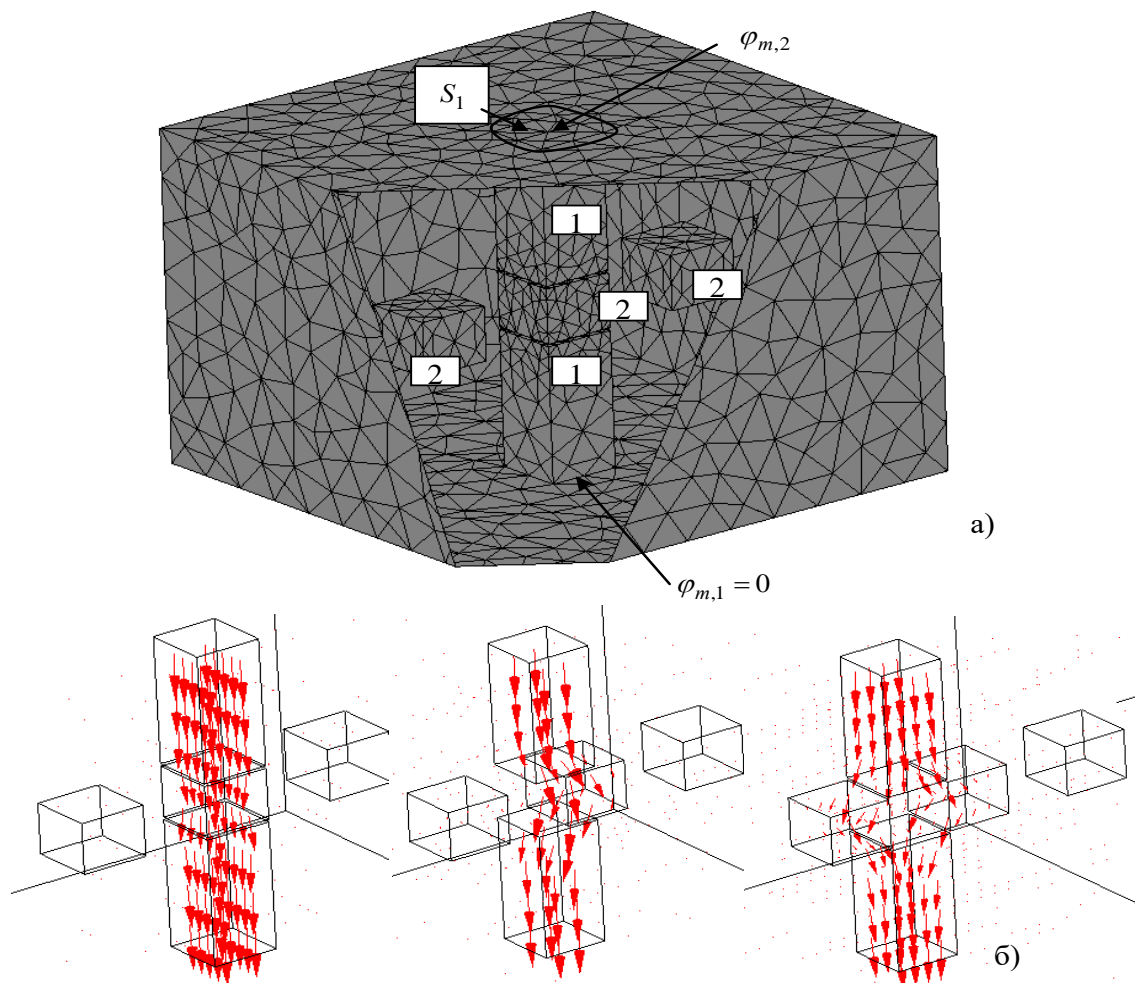


Рис. 3.

Наведена польова задача розраховувалася за допомогою пакету програм COMSOL. Після визначення розподілення скалярного магнітного потенціалу, значення магнітної провідності даної магнітної системи розраховувалось за виразами

$$\Lambda(x) = \Phi / (\varphi_{m,1} - \varphi_{m,2}), \quad \Phi = \int_{S_1} B_n dS, \quad (2)$$

де: S_1 – поверхня верхнього полюса (див. рис. 3, а), а координата x показана на рис. 2 (б).

Для підтвердження достовірності одержаних залежностей також проводили експериментальні дослідження за допомогою фізичних лабораторних моделей. Методика експериментальних досліджень базувалася на визначенні індуктивного опору електромагнітної системи при зміні координатного положення феромагнітного елемента ротора відносно магнітопроводу статора за стабілізованої напруги та практично сталої частоти електромережі. Досліди виконували шляхом переміщення і фіксації феромагнітних елементів ротора відносно магнітопроводу статора з інтервалом 5 мм, що забезпечувало точність координатного положення за міліметровою шкалою в межах $\pm 5\%$.

За результатами чисельного моделювання просторової моделі були отримані картини розподілу

вектора магнітної індукції при різних координатних положеннях (див. рис. 3, б). Також із використанням виразу (2) була отримана залежність провідності магнітної системи Λ за різних координатних положень феромагнітного елемента кільцевого ротора x та порівняна із експериментальною залежністю, яка була побудована за описаною вище методикою на лабораторному стенді. Ці залежності – розрахункова 1 і експериментальна 2 – показані на рис. 4.

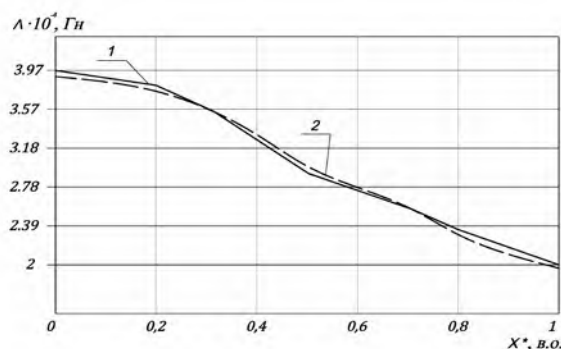


Рис. 4.

Розрахункова крива чисельного моделювання має помітні ділянки ламаної лінії, що викликано розміром сітки розбивки моделі, однак збіжність із

результатами експерименту досить висока (розбіжність не перевищує 3%), що дозволяє застосовувати результати чисельного моделювання на основі побудованої спрощеної моделі магнітної системи ВРГ для дослідження залежності магнітної провідності від координатного положення за різної радіальної висоти h феромагнітних елементів кільцевого ротора; результати такого моделювання показані на рис. 5.

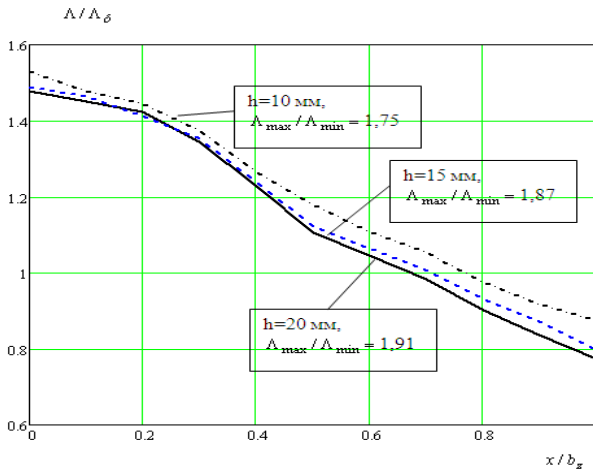


Рис. 5.

Графічні результати для однакових за площею перетину пакетів кільцевого ротора показують, що збільшення їх радіальної висоти викликає зменшення усіх поточних значень магнітної провідності, однак у різній мірі для максимумів і мінімумів. Зменшення максимальних значень магнітної провідності можна пояснити збільшенням довжини роторної магнітопровідної ділянки магнітного кола. Одночасно зменшення мінімальних значень провідності пояснюється збільшенням відстані між поверхнями магнітопроводу статора.

Проте останню залежність важко описати аналітично, оскільки одночасно із збільшенням відстані збільшуються і вертикальні бічні поверхні сусідніх магнітопровідних пакетів кільцевого ротора, що компенсує зменшення мінімальної магнітної провідності. Тому було прогнозовано, що існує таке значення висоти магнітопровідного пакету ротора, після якого збільшення цього розміру не викликатиме подальшого зростання різниці магнітних провідностей. В моделі була задана прямокутна геометрична форма перетину магнітопроводу статора, однакова з феромагнітними елементами ротора, яка єдина серед усіх можливих форм за обраного розміру l забезпечує максимальну площу суміщення нормальних проекцій поверхонь та лінійний характер зміни цієї площі в процесі руху ротора.

Були виконані розрахунки значень магнітної провідності для різних за розміром перетинів магнітопроводів квадратної форми відповідно зі сторонами квадратів 15, 25 і 35 мм. Кратність зміни магнітної провідності залежно від висоти пакета ротора за вказаних перетинів показана на рис. 6. Збільшення кратності пропорційно до збільшення площі перетину магнітопроводів узгоджується з математичним виразом магнітної провідності.

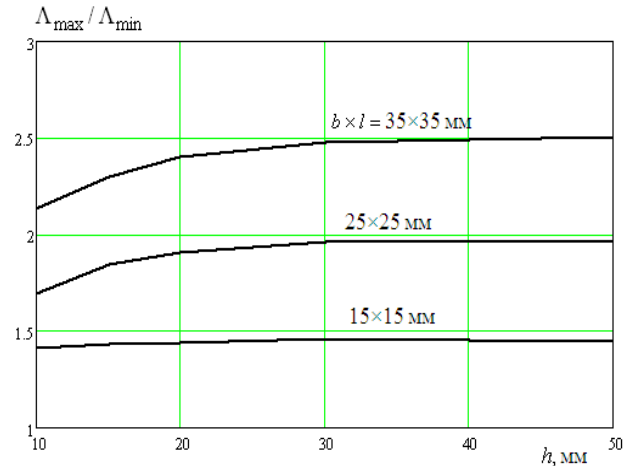


Рис. 6.

Одночасно прослідковується певна закономірність досягнення найбільшого значення кратності змін магнітної провідності для різних за перетином магнітопроводів. Так для магнітопроводу квадратного перетину зі стороною 15 мм кратність зростає при збільшенні висоти пакету ротора до близько 25 мм, відповідно для перетину зі стороною 25 мм максимальна кратність провідностей була за висоти h близько 30 мм, а для сторони 35 мм відповідно близько 37 мм. Тобто можна описати лінію тренду оптимальних співвідношень висоти і ширини квадратного перетину магнітопровідного пакету кільцевого ротора виразом: $h = 10,409 \ln(b_z) - 3,907$ із достовірністю апроксимації близько 0,9. Слід зауважити, що наведене числове співвідношення матиме місце за умови виконання магнітопроводу із листової електротехнічної сталі близьких за показниками марок, однак за інших матеріалів загальний алгоритм оптимізації вірогідно буде подібним для електричних машин з радіально-кільцевим ротором. При цьому необхідно також враховувати фактичну різницю форми феромагнітного елемента кільцевого ротора і його лінійної розгортки, яка очевидно буде менш суттєвою за більшого його діаметра.

Висновки

1. Для низькообертової безтрансмісійної вітроелектричної установки перспективним є дугостаторний вентильний реактивний генератор з радіально-кільцевим ротором.

2. За допомогою програмного пакету "COMSOL" та із використанням методу фізичного моделювання визначено вплив габаритних розмірів феромагнітного елемента кільцевого ротора на кратність зміни магнітної провідності електромагнітної системи такого типу генератора при різних положеннях ротора, що дозволяє встановлювати габаритні обмеження цієї системи.

3. Встановлені числові співвідношення геометричних розмірів феромагнітного елемента кільцевого ротора квадратного перетину, за яких

досягається максимальне значення кратності зміни магнітної провідності електромагнітної системи в процесі його руху.

Список літератури

1. Сінчук О. М., Козакевич І. А., Юрченко М. М. Бездатчикове керування вентилями реактивними двигунами тягових електромеханічних систем. *Технічна електродинаміка*. 2017. №5. С. 62–66.

2. Альпер Н. Я., Терзян А. А. Индукторные генераторы. Москва. 1970. 192 с.

3. Козирський В. В., Трегуб М. І. Методологія вибору типу і геометричної конфігурації кільцеворотного дугостаторного генератора безредукторної вітроелектричної установки. *Тези доповідей Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми та перспективи розвитку енергетики, електротехнологій та автоматики в АПК»*. 5-6 листопада 2013 року. Київ. 2013. С. 57–58.

4. Трегуб М. І., Козирський В. В. Патент України №101118 UA, МПК H02K19/20, H02K21/38. Индукторний аксіальний генератор. №a201200837. Заявлено 27.01.2012. Опубліковано 25.02.2013. Бюл. №4.

5. Eleonora Darie, Costin Cepisca and Immanuel Darie. The use of switched reluctance generator in wind energy applications. *Proceedings of EPE-PEMC*. 2008. P. 1963–1966.

6. H. Li and Z. Chen. Overview of different wind generator systems and their comparisons. *Proceedings of IET Renewable Power Generation*. 2008. Vol. 2. No. 2. P. 123–138.

7. M. Nassereddine, J. Rizk, and M. Nagrial. Switched reluctance generator for wind power applications. *Proceedings of World academy of science, Engineering and Technology*. July 2008. 2008. Vol. 31. P. 126–130.

References

1. Sinchuk, E. M., Kozakevich, I. A., Yurchenko, M. M. (2017). Sensorless control of switched reluctance motors of traction electromechanical systems. *Technical electro-dynamics*. No. 5. 62–66.

2. Alper, N. Y. Terzian, A. A. (1970). Reluctance generators. Moscow. 192.

3. Kozirsky, V. V., Tregub, M. I. (2013). Determine methodology of the type and geometric parameters of ring rotor wind turbine. Abstracts of the International scientific-practical conference "Problems and prospects of development of energy, Electrotechnology and automation in agriculture". 5-6 November 2013. Kiev. 57–58.

4. Kozirsky, V. V., Tregub, M. I. (2013). Patent of Ukraine No. 101118 EN, IPC H02K19/20, H02K21/38. Inductory axial generator. No. a201200837. 27.01.2012 stated. Published on 25.02.2013. Bull. No 4.

5. Eleonora Darie, Costin Cepisca and Immanuel Darie. (2008). The use of switched reluctance generator

in wind energy applications. *Proceedings of EPE-PEMC*. 1963–1966.

6. H. Li and Z. Chen. (2008). Overview of different wind generator systems and their comparisons. *Proceedings of IET Renewable Power Generation*. Vol. 2. No. 2. 123–138.

7. M. Nassereddine, J. Rizk, and M. Nagrial. (2008). Switched reluctance generator for wind power applications. *Proceedings of World academy of science, Engineering and Technology*. July 2008. Vol. 31. 126–130.

ОБОСНОВАНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ МАГНІТНОЇ СИСТЕМИ ВЕТРОЕЛЕКТРИЧЕСКОГО ВЕНТИЛЬНОГО РЕАКТИВНОГО ГЕНЕРАТОРА С КОЛЬЦЕОБРАЗНЫМ РОТОРОМ

В. В. Козырський, А. Д. Подольцев, Н. И. Трегуб

Аннотация. С помощью методов численного моделирования и экспериментальных исследований определено влияние геометрических размеров ферромагнитных элементов кольцеобразного ротора вентильного реактивного генератора на кратность изменения магнитной проводимости электромагнитной системы при движении ротора. Определены числовые соотношения геометрических размеров этих элементов, при которых достигается максимальное изменение этой проводимости. Получены количественные зависимости ограничения радиальной высоты ферромагнитного элемента при различных размерах стороны его квадратного сечения.

Ключевые слова: ветроэлектрический вентильный реактивный генератор, кольцеобразный ротор, магнитная проводимость, оптимальные геометрические размеры, электромагнитная система.

SUBSTANTIATION OF MAGNETIC SYSTEM OF SWITCHED RELUCTANCE GENERATOR WITH ANNULAR ROTOR FOR WIND TURBINE

Kozirsky V. V., Podoltsev O. D., Tregub M. I.

Abstract. Using the methods of numerical simulation and experimental studies of the influence of the geometric dimensions of the ferromagnetic annular rotor elements of valve jet generator on the frequency of change of the magnetic permeability of the electromagnetic system when the rotor movement. Determined the numerical ratios of the geometric dimensions of these elements, in which achieved the maximum change in this conductivity. The obtained quantitative dependences limit the radial height of the ferromagnetic element at a side of the ego of square section.

Key words: switched reluctance generator, wind-electric turbine, ring rotor, magnetic conductivity, geometric parameters.

UDC 681.511.4:664.1

SYNTHESIS OF SYNTHETIC REGULATORS FOR SUGAR PRODUCTION AUTOMATED CONTROL SYSTEM

Lysenko V. P., Sych M. A., Komarchuk D. S.

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Ukraine.

Corresponding authors: automation_chair@nubip.edu.ua.

Article history: Received: March 2018. Received in the revised form: April 2018. Accepted: May 2018.

Bibl. 15, fig. 3, tabl. 1.

Abstract. To solve the problem of sugar plant technological complex efficient control basing upon the method of analytical construction of aggregate regulators it is necessary to determine the optimal parameters values. As input data time series of technological variables of sugar production are used. To investigate the efficiency of the developed automated synergistic control system, simulation modeling was performed by comparing the functioning of the developed system with the traditional schemes.

Key words: synergetic regulator, automated system, mathematical model, sugar plant.

Introduction

At the modern stage of control systems development increasing of production efficiency is possible due to the development and implementation of automated technological systems. Sugar production includes a set of different subsystems to be interconnected by processes of intensive interaction, the exchange of energy, substance and information. These subsystems are non-linear, multidimensional and complicated in linkage [1].

Formulation of problem

Taking into account the features of the synergetic approach it is necessary to tend to its practical usage which will allow the application of efficient methods to solve actual problems concerning optimal control of the sugar plant technological complex material flows. The task of optimal control is in need to determine the methods to influence the system and the parameters to provide the best phase transition basing upon certain criteria.

The synergetic principle to control complex systems allows you to change the structure of the system or to give another level of self-organization by changing the order parameters. The ability to change such parameters and the limits in which they may be changed are determined by means of a synergistic regulator. In information systems the synergetic controller is represented as a software tool [2, 3].

The application of a synergistic approach to manage the sugar plant technological complex will provide increasing of the work efficiency. Taking into account that the diffusion, juice-cleaning and evaporative departments are the main subsystems of the technological complex of a sugar plant [4] it will lead to the general increasing of the productivity and energy efficiency of the plant.

In the conditions of sugar producing enterprises capacity increasing it is the urgent need to elaborate efficient systems for resource-saving management of technological objects using modern information technologies including knowledge engineering [5]. The application of the synergetic principle of control is increasingly applied to various objects but in automated control systems for complicated technological complexes such methods are only started to be used. Therefore, the synergetic approach to the automated control of the sugar plant technological complex is based on the method of aggregate regulators analytical design.

Analysis of recent research results

In paper [3] it is represented a synergetic approach to manage complicated technological objects as well as to define and describe abstractor attractive fields as the centers to form dissipative space-time structures. This method allows us to assess the behavior of a complicated system viewing self-organization in the case of chaotic influences either external or internal ones.

It should be noted that in the case of synergetic control of complicated systems particular attention should not be paid on the force power of the system itself but on the accuracy and the nature of information management [2, 6] because precisely the information management determines the efficient organizational and technical structure.

In order to synthesize efficient control strategies for nonlinear systems there were the papers devoting to the methods of passification [7], back stepping [8], robust [9, 10] and synergistic [6, 11] control to be observed. Among them the most promising for complicated technological objects are synergistic control methods to be observed in papers [11-13]. Application of this approach makes it possible to take into account the physical and chemical

characteristics of technological processes, reflecting the phenomena of natural self-organization to provide resource-saving operating modes being characterized by resistance to external perturbations as well as to structural and parametric changes and allowing to organize efficient search of target states in different conditions, differ in necessary flexibility while changing goals and tasks variations, have high reliability and ability to prevent the occurrence of critical situations [6, 14].

In paper [11] there are modern approaches to object management methods to be described basing on the synergistic approach. If control is done by changing the order parameters we observe instability, symmetry violation and boundaries of a complex nonlinear system as a result of such actions. Thus, we have several possible scenarios of the system's behavior after the phase transition. In the case of control by changing the initial conditions there is the possibility of developing the system in several directions including chaotic behavior to be observed. The difficulty of this approach is in no everlasting possibility to change the initial conditions. Sometimes they are rigidly fixed. Each of these methods is used when the another one is impossible for application. So, if there is a perspective to determine the set of parameters of order from the set of system characteristics and parameters exactly and there is no possibility to change the input conditions the first approach is used. If the set of parameters is too large or may not be determined due to complicated interconnections within the system a second approach should be applied.

Moreover, in paper [3] it was shown that these methods give satisfactory results for models of real idealized systems. These factors required new approaches to manage complicated non-linear technological complexes.

The questions about analytical design of aggregate regulators for separate subsystems of the sugar plant technological complex have not been studied enough deeply too.

Purpose of research

The purpose of the paper is to use synergetic regulators for sugar plant complicated technological complex to give the necessary opportunities of the practical results application for the object and to elaborate the efficient resource-saving strategies to control the diffusion, juice-cleaning and evaporation department of the sugar plant technological complex.

To achieve this goal, the following tasks, need to be solved:

- to carry out synthesis of synergetic management systems for sugar production;
- to determine the optimum values of the control parameters for the diffusion, juice-cleaning and evaporation departments of the sugar plant technological complex by the method of analytical construction of the aggregate regulators;
- to carry out simulation modeling of the sugar production technological complex.

Results of research

The core of the synergistic method to manage complex dynamic systems is the principle of resonant information influence on the order parameters within which the system is sensitive and its internal features are preserved. Resonant impact does not predict influence by action forcing itself but by properly organized, i.e. consistent with internal properties, weakly powerful actions leading the system to move in a given direction [11].

Having evaluated the behavior of the studied system [4], we can conclude that it has a nonlinear character. To study such systems and to determine optimal control it is necessary to apply the method of analytical construction of aggregate regulators. In accordance with this method it is necessary to determine the laws of management u_i to provide optimal control of the main technological processes of sugar production. Synthesis of synergistic control systems for diffusion, juice-cleaning and evaporation compartments is carried out.

The mathematical model (1) describes the process of extraction of sugar from beetroot chips:

$$\begin{aligned} \frac{dF_{cm}}{d\tau} &= -a_1 \cdot F_{cm} + a_2 \cdot F_{dc} \cdot R + a_3 \cdot \frac{F_{dc}^2 \cdot B}{D \cdot T} + a_4 \cdot \frac{D \cdot B}{T} + a_5 \cdot T, \\ \frac{dF_{dc}}{d\tau} &= -a_6 \cdot \frac{F_{dc}}{T} - a_7 \cdot F_{cm} \cdot R - a_8 \cdot \frac{F_{dc} \cdot F_{cm} \cdot B}{D \cdot T} - \\ &\quad - a_9 \cdot D \cdot B \cdot R + a_{10} \cdot T \\ \frac{dD}{d\tau} &= a_{11} \cdot \frac{F_{cm} \cdot B}{T} - a_{12} \cdot \frac{D}{T}, \quad \frac{dR}{d\tau} = a_{13} \cdot \frac{F_{dc} \cdot B \cdot D}{T} - a_{14}, \end{aligned} \quad (1)$$

where: F_{cm} - consumption of beetroot chips, m^3/h ; F_{dc} - consumption of diffusion juice, m^3/h ; R - goodness, %; B - digestion, %; D - loss of sugar with pulp, %; T - temperature, $^{\circ}C$; $a_1 - a_{14}$ - the model parameters to be determined by identifying of multidimensional time series using the Vector ODE software environment [15].

As a control tool u_1 we select the value of the expense of beetroot chips F_{cm} , as a control u_2 we select the value of diffusion juice loss F_{dc} .

According to the method of analytical construction of aggregate regulators, the control laws depend on:

$$u_1(R, B, T); u_2(R, D, T). \quad (2)$$

In accordance with the method of analytical design of aggregate regulators control actions are defined. For further research it is necessary to observe invariant manifolds:

$$\psi_1(R, B, T) = 0; \psi_2(R, D, T) = 0. \quad (3)$$

In parallel, the consistent observation of invariant manifolds allows us to consider invariants to be attractors with attractive zones while applying control laws $u_1(R, B, T); u_2(R, D, T)$.

There is a movement of the system in the phase space up to the intersection of the manifold $\psi_1 = 0$, $\psi_2 = 0$. Goodness and temperature cannot directly affect

management u_1 , u_2 , - thus it is necessary to ensure such linkage through ψ_i :

$$\psi_1 = R + T + v(B), \psi_2 = R + T + v(D), \quad (4)$$

where: v - certain function of the dependence of real technological parameters.

Basing on the dependences (3) and (4) we'll obtain:

$$R + T + v(B) = 0, R + T + v(D) = 0. \quad (5)$$

Changing the macro-variables ψ_1 and ψ_2 obey the functional:

$$T_i \psi_i(\tau) + \psi_i(\tau) = 0 \quad (6)$$

On the basis of the equation of the model and equation (6) we'll obtain:

$$T_1 \left[\frac{dR}{dt} + \frac{dT}{dt} + \frac{\partial v}{\partial B} \cdot \frac{dB}{dt} \right] + R + T + v(B) = 0,$$

$$T_2 \left[\frac{dR}{dt} + \frac{dT}{dt} + \frac{\partial v}{\partial D} \cdot \frac{dD}{dt} \right] + R + T + v(D) = 0, \quad (7)$$

and the laws of interconnecting controlling the technological processes of the sugar plant diffusion department:

$$u_1 = -\frac{R+v}{T \cdot T_1} - \frac{T-B^2}{T} \cdot R \cdot F_{\delta c} - \frac{T-B^2}{T} \cdot \frac{B}{T} \cdot \frac{F_{\delta c}^2}{D} +$$

$$+ \left(\frac{B+T}{T} - \frac{T-B^2}{T} \right) \cdot F_{\delta c} +$$

$$+ \left(\frac{T-B^2}{R} - \frac{T-B^2}{B} - R \cdot \frac{B}{T} \cdot \left(\frac{B}{T} \right)^2 \right) \cdot D +$$

$$+ \frac{T-B^2}{\frac{T}{B}},$$

$$u_2 = -\frac{D+v}{T \cdot T_2} - \frac{B}{T} \cdot D \cdot R \cdot \frac{T \cdot B^2}{T} \cdot \frac{B}{T} \cdot \frac{F_{\delta c} \cdot F_{\delta c}}{D} +$$

$$+ \frac{T \cdot B^2}{T} \cdot R \cdot F_{\delta c} - \left(B + \frac{B}{T} \right) \cdot \frac{R}{D} +$$

$$+ \left(\frac{B^2+T^2}{T^2} - \frac{T-B^2}{T} \right) \cdot F_{\delta c} + \frac{T \cdot B^2}{T} \cdot \frac{F_{\delta c} \cdot R}{D^2} -$$

$$- \left(\frac{T-B^2}{T} + \frac{T-B^2}{T} \right) \cdot \frac{F_{\delta c}}{D^2} + \frac{T \cdot B^2}{T} \cdot D, \quad (8)$$

where: T_1 , T_2 are the parameters of the synergetic regulator.

Parameters of setting control laws to affect the quality of process dynamics to cause efficient self-organization of the system, there are time parameters - T_1 , T_2 time constants. The conducted researches of the synthesized system of synergistic control allowed to determine the optimal values of T_1 and T_2 parameters according to the criteria of duration and resource consumption (Fig. 1).

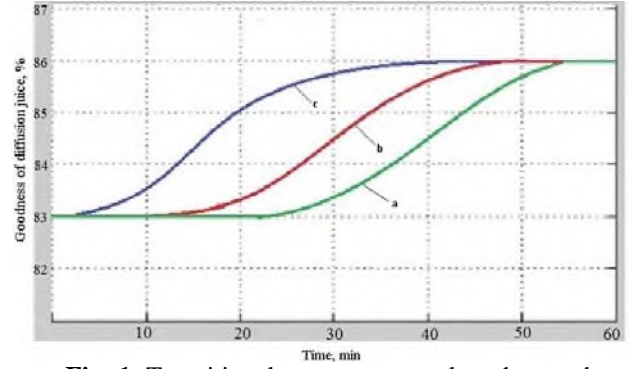


Fig. 1. Transitional process to regulate the goodness of diffusion juice: a) at $T_1 = 160$ sec; $T_2 = 180$ sec; b) at $T_1 = 80$ sec; $T_2 = 100$ sec; c) at $T_1 = 10$ sec; $T_2 = 20$ seconds.

The parameters of the setting of the laws of control adjust the regulation time T_1 , T_2 . The condition of system stability predicts the values: $T_1 > 0$, $T_2 > 0$.

The mathematical model of the process of preliminary bowel movements has the form:

$$\frac{dF_{CaO}}{d\tau} = b_1 \cdot \frac{F_{CaO} \cdot C_{CaO}}{T} - b_2 \cdot F_{\delta c} - b_3 \cdot \frac{F_{nos} \cdot F_{\delta c}}{T} \cdot b_4 \cdot F_{CaO},$$

$$\frac{dF_{\delta c}}{d\tau} = -b_5 \cdot \frac{F_{\delta c} \cdot C_{CaO} + F_{nos} \cdot C_{CaO}}{T} - b_6 \cdot F_{CaO}, \quad (9)$$

$$\frac{dpH}{d\tau} = b_7 \cdot \frac{F_{\delta c} \cdot pH}{T} + b_8 \cdot F_{CaO} - b_9 \cdot \frac{F_{\delta c} \cdot F_{nos} \cdot pH}{T},$$

$$\frac{dC_{cp}}{d\tau} = b_{10} \cdot F_{CaO} - b_{11} \cdot \frac{C_{cp} \cdot (F_{nos} + F_{\delta c})}{T} \cdot b_{12} \cdot C_{CaO}.$$

where F_{CaO} - consumption of lime milk, m^3/h ; $F_{\delta c}$ - consumption of diffusion juice, m^3/h ; pH - pH of diffusion juice; C_{cp} - dry matter content, %; F_{nos} - flow of diffusion juice return, m^3/h ; T - temperature, $^{\circ}C$; C_{CaO} - concentration of lime milk, %; $b_1 - a_{12}$ - the model parameters to be determined by identifying multidimensional time series using the Vector ODE software environment [15].

As a control tool u_1 we select the value of the expense of beetroot chips F_{CaO} , as a control tool u_2 we select the value of diffusion juice consumption $F_{\delta c}$.

According to the method of analytical construction of aggregate regulators, the control laws depend on:

$$u_1(C_{CaO}, pH, T); u_2(C_{cp}, F_{nos}, T). \quad (10)$$

According to the method of analytical design of aggregate regulators the control actions are defined. For further research it is necessary to observe invariant manifolds:

$$\psi_1(C_{CaO}, pH, T) = 0;$$

$$\psi_2(C_{cp}, F_{nos}, T) = 0. \quad (11)$$

In parallel, the consistent consideration of invariant manifolds allows us to consider invariants as attractors with attractive zones while applying control laws

$$u_1(C_{CaO}, pH, T); u_2(C_{cp}, F_{nos}, T).$$

There is a movement of the system in the phase space up to the intersection of the manifold $\psi_1 = 0$, $\psi_2 = 0$. Goodness and temperature cannot directly affect control u_1 , u_2 , thus it is necessary to ensure such linkage through ψ_i :

$$\begin{aligned}\psi_1 &= pH + T + v(C_{CaO}), \\ \psi_2 &= F_{nos} + T + v(C_{cp}),\end{aligned}\quad (12)$$

where V - a certain function of the dependence of real technological parameters.

Proceeding from the dependences (11) and (12) we'll obtain:

$$\begin{aligned}pH + T + v(C_{CaO}) &= 0, \\ F_{nos} + T + v(C_{cp}) &= 0.\end{aligned}\quad (13)$$

Changing the macro-variables ψ_1 and ψ_2 obey the functional:

$$T_i \dot{\psi}_i(\tau) + \psi_i(\tau) = 0.\quad (14)$$

Basing on the equation of the model and equation (14) we'll obtain:

$$\begin{aligned}T_1 \left[\frac{dpH}{dt} + \frac{dT}{dt} + \frac{\partial v}{\partial C_{CaO}} \cdot \frac{dC_{CaO}}{dt} \right] + pH + T + \\ + v(C_{CaO}) &= 0, \\ T_2 \left[\frac{dF_{nos}}{dt} + \frac{dT}{dt} + \frac{\partial v}{\partial C_{cp}} \cdot \frac{dC_{cp}}{dt} \right] + F_{nos} + T + \\ + v(C_{cp}) &= 0.\end{aligned}$$

And the laws of interconnecting the technological processes of sugar plant defecation:

$$\begin{aligned}u_1 &= \frac{(F_{\delta c} \cdot C_{CaO} + F_{nos} \cdot C_{CaO}) \cdot C_{CaO}}{pH} - \\ &- \frac{(F_{\delta c} + F_{nos} + F_{CaO}) \cdot pH}{pH} + \frac{C_{CaO}}{pH \cdot T_1}, \\ u_2 &= \frac{\frac{F_{CaO} \cdot F_{\delta c}}{C_{CaO}} - T \cdot C_{CaO} - F_{\delta c} + F_{nos} \cdot C_{CaO}}{C_{cp}} - \\ &- \frac{F_{CaO} \cdot T + F_{\delta c} \cdot T + F_{nos} \cdot T}{C_{cp}} + \\ &+ F_{CaO} - T \cdot (F_{\delta c} + F_{nos}) \cdot T - \\ &- \frac{F_{CaO} + F_{\delta c} + F_{nos} \cdot T}{C_{cp} \cdot T_2},\end{aligned}\quad (16)$$

where T_1 , T_2 are the parameters of the synergetic regulator.

Using the obtained relationships, it is possible to synthesize regulatory influences for the technological operations of the 1st and 2nd carbonation, as well as for intermediate bowel movements.

The parameters of the control laws setting regulate T_1 , T_2 regulation time. The condition of system stability involves the values: $T_1 > 0$, $T_2 > 0$.

While simulation the averaged technological indicators of the technological parameters on the equipment with a productivity of 3000 t/day were used.

As a result of the research, it was found that the system is resistant to perturbations, and the time of regulation depends only on the T_1 , T_2 values. Moreover, the nature of the transient processes does not change while changing the time of regulation and accordingly does not depend on it.

On the basis of the abovementioned, one can synthesize the laws of mutual control for the mathematical model of the saturator (17):

$$\begin{aligned}\frac{dF_{C_2}}{d\tau} &= c_1 \cdot \frac{F_{C_2} \cdot C_{C_2}}{T} - c_2 \cdot F_{\delta c} - c_3 \cdot \frac{F_{nos} \cdot F_{\delta c}}{T} \cdot c_4 \cdot F_{C_2}, \\ \frac{dF_{\delta c}}{d\tau} &= -c_5 \cdot \frac{F_{\delta c} \cdot C_{C_2}}{T} - c_6 \cdot F_{C_2},\end{aligned}\quad (17)$$

$$\frac{dpH}{d\tau} = c_7 \cdot \frac{F_{\delta c} \cdot pH}{T} + c_8 \cdot F_{C_2} - c_9 \cdot \frac{F_{\delta c} \cdot pH}{T}$$

$$\frac{dC_{cp}}{d\tau} = c_{10} \cdot F_{C_2} - c_{11} \cdot \frac{C_{cp} \cdot F_{\delta c}}{T} \cdot c_{12} \cdot C_{C_2}$$

where F_{C_2} - the saturation gas consumption, m³/h; $F_{\delta c}$ - consumption of diffusion juice, m³/h; pH - pH of diffusion juice; C_{cp} - dry matter content, %; T - temperature, °C; C_{C_2} - concentration of carbonation gas, %; $c_1 - c_{12}$ - the model parameters are determined by identifying multidimensional time series using the Vector ODE software environment [15].

The mathematical model (18) describes the process to get syrup:

$$\begin{aligned}\frac{dF_{\delta c}}{d\tau} &= -p_1 \cdot F_{\delta c} + p_2 \cdot F_c \cdot R + p_3 \cdot \frac{F_c^2 \cdot C_{cp}}{h \cdot T} + \\ &+ p_4 \cdot \frac{h \cdot C_{cp}}{T} + p_5 \cdot T\end{aligned}\quad (18)$$

$$\begin{aligned}\frac{dF_c}{d\tau} &= -p_6 \cdot \frac{F_c}{T} - p_7 \cdot F_{\delta c} \cdot R - p_8 \cdot \frac{F_c \cdot F_{\delta c} \cdot C_{cp}}{h \cdot T} - \\ &- p_9 \cdot h \cdot C_{cp} \cdot R + p_{10} \cdot T\end{aligned}$$

$$\frac{dh}{d\tau} = p_{11} \cdot \frac{F_{\delta c} \cdot C_{cp}}{T} - p_{12} \cdot \frac{h}{T}, \quad \frac{dR}{d\tau} = p_{13} \cdot \frac{F_c \cdot C_{cp} \cdot h}{T} - p_{14},$$

where $F_{\delta c}$ - the flow of diffusion juice, m³/h; F_c - consumption of syrup, m³/year; R - goodness, %; C_{cp} - dry matter content, %; h - level in the evaporation plant, m; T - temperature, °C; $p_1 - p_{14}$ - the model parameters to be determined by identifying multidimensional time series using the Vector ODE software environment [15].

As a control tool u_1 we select the value of the expense of beetroot chips F_{oc} , as a control tool u_2 we select the value of diffusion juice consumption F_c .

According to the method of analytical construction of aggregate regulators, the control laws depend on:

$$u_1(R, C_{cp}, T); u_2(R, h, T) \quad (19)$$

According to the method of analytical design of aggregate regulators, control actions are defined. For further research it is necessary to observe invariant manifolds:

$$\psi_1(R, C_{cp}, T) = 0; \psi_2(R, h, T) = 0 \quad (20)$$

In parallel, the consistent observation of invariant manifolds allows us to consider invariants to be attractors with attractive zones while applying control laws $u_1(R, C_{cp}, T); u_2(R, h, T)$.

There is a movement of the system in the phase space up to the intersection of the manifold, $\psi_1 = 0$, $\psi_2 = 0$. Goodness and temperature cannot directly affect control u_1 , u_2 , thus it is necessary to ensure such linkage through ψ_i :

$$\psi_1 = R + T + v(C_{cp}), \psi_2 = R + T + v(h), \quad (21)$$

where v - a certain function of the dependence of real technological parameters.

Basing on the dependences (20) and (21) we'll obtain:

$$R + T + v(C_{cp}) = 0, R + T + v(h) = 0 \quad (22)$$

Changing the macro-variables ψ_1 and ψ_2 obey the functional:

$$T_i \dot{\psi}_i(\tau) + \psi_i(\tau) = 0. \quad (23)$$

Basing on the equation of the model and equation (23) we'll obtain:

$$T_1 \left[\frac{dR}{dt} + \frac{dT}{dt} + \frac{\partial v}{\partial C_{cp}} \cdot \frac{dC_{cp}}{dt} \right] + R + T + v(C_{cp}) = 0$$

$$T_2 \left[\frac{dR}{dt} + \frac{dT}{dt} + \frac{\partial v}{\partial h} \cdot \frac{dh}{dt} \right] + R + T + v(h) = 0. \quad (24)$$

and he laws of interconnecting control of the technological processes of the sugar plant diffusion department.

Basing on the developed control laws (u_1, u_2), recommendations are made in the form of determining the nature of the change in the (T_1, T_2) time regulation: "increase", "reduce", etc. To use these recommendations in the automated control system it is necessary to determine the quantitative characteristics of these recommendations.

In order to evaluate the carried research, we predicted the simulation to assume that the system operation process is reproduced using an algorithm to be implemented with the help of a computer.

$$u_1 = -\frac{R+v}{T \cdot T_1} - \frac{T-C_{cp}^2}{T} \cdot R \cdot F_c -$$

$$-\frac{T-C_{cp}^2}{T} \cdot \frac{C_{cp}}{T} \cdot \frac{F_c^2}{h} +$$

$$+\left(\frac{C_{cp}+T}{T} - \frac{T-C_{cp}^2}{T} \right) \cdot F_{oc} +$$

$$+\left(\frac{T-C_{cp}^2}{R} - \frac{T-C_{cp}^2}{\frac{C_{cp}}{T}} - R \cdot \frac{C_{cp}}{T} \cdot \left(\frac{C_{cp}}{T} \right)^2 \right) \cdot h +$$

$$+\frac{T-C_{cp}^2}{\frac{C_{cp}}{T}}$$

$$u_2 = -\frac{h+v}{T \cdot T_2} - \frac{C_{cp}}{T} \cdot h \cdot R \cdot \frac{T \cdot C_{cp}^2}{T} \cdot \frac{C_{cp}}{T} \cdot \frac{F_{oc} \cdot F_c}{h} +$$

$$+\frac{T \cdot C_{cp}^2}{T} \cdot R \cdot F_{oc} - \left(C_{cp} + \frac{C_{cp}}{T} \right) \cdot \frac{R}{h} +$$

$$+\left(\frac{C_{cp}^2 + T^2}{T^2} - \frac{T-C_{cp}^2}{T} \right) \cdot F_c + \frac{T \cdot C_{cp}^2}{T} \cdot \frac{F_c \cdot R}{h^2} -$$

$$-\left(\frac{T-B^2}{T} + \frac{T-B^2}{T} \right) \cdot \frac{F_{oc}}{D^2} + \frac{T \cdot B^2}{T} \cdot D$$

where T_1, T_2 - are the parameters of the synergetic regulator.

The structure of the simulation model of sugar plant technological complex consists of the following blocks: the immitter of input actions; model of microprocessor system of individual parameters local regulation; expert system of script control; unit for simulation results representation and interpretation.

The subsystem structure of the simulation modeling for the sugar plant technological complex is presented in Fig. 2.

Using the Matlab Toolbox Simulink environment it was constructed the simulation model (Fig. 3) of the research of the sugar plant technological complex.

To investigate the efficiency of the elaborated automated synergistic control system it was simulation being performed by comparing the functioning of the elaborated system with traditional schemes.

The formation of incoming actions was carried out with the help of robust plans of the Taguchi's experiment. The results are shown in the table. 1.

According to Taguchi's approach, the design of processes and industries should be handled predicting that they are robust to the environment in relation to the variability of the components and to ensure that the dispersion of the indicators around the given value is as low as possible.

Simulation was conducted in accordance with the requirements of the technological process taking into account the diverse factors of sugar production.

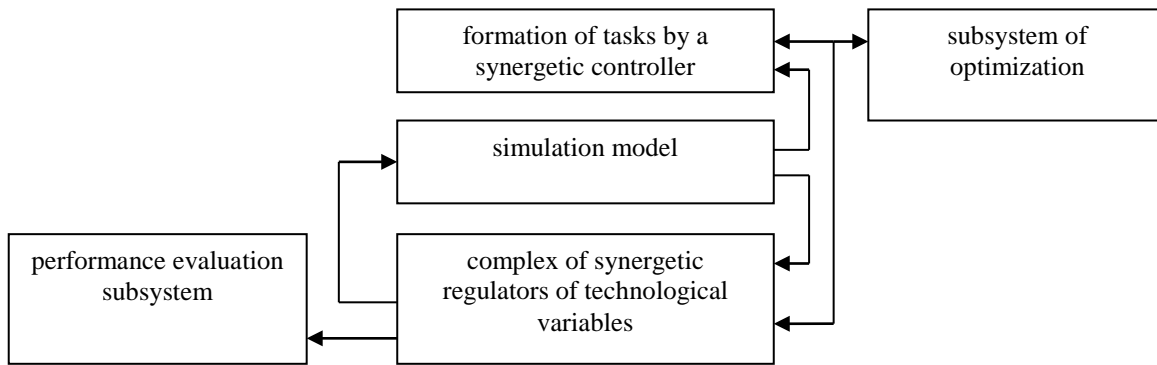


Fig. 2. Structure of the subsystem of the simulation modeling of the sugar plant technological complex.

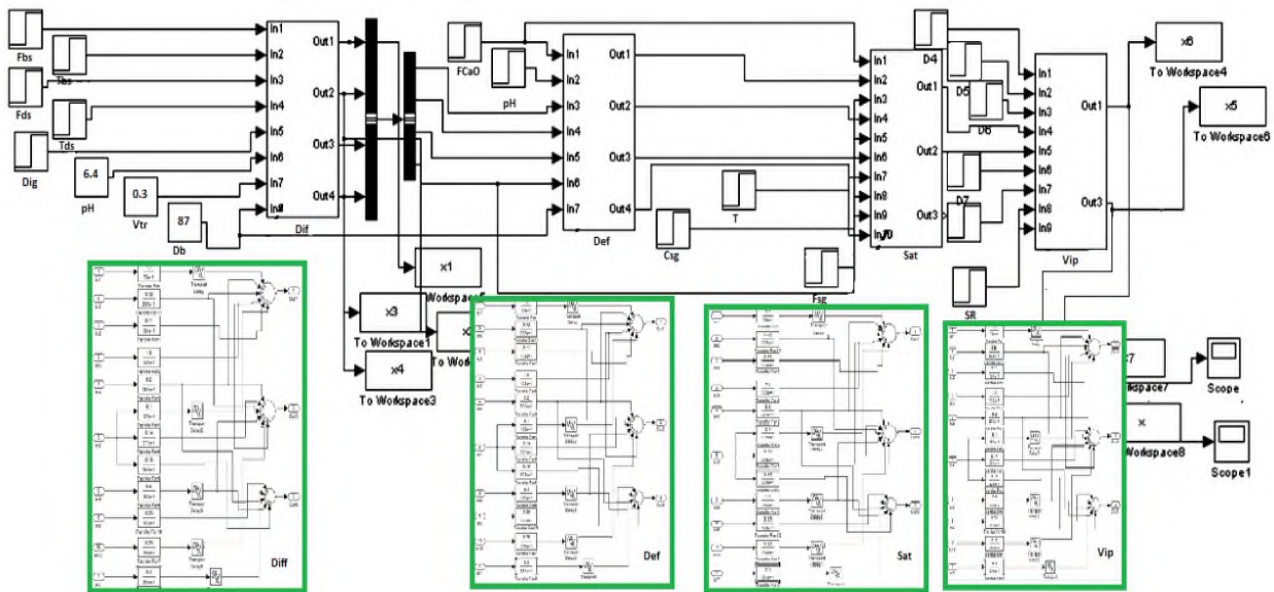


Fig. 3. Simulation model of the sugar plant technological complex in the Toolbox Simulink environment.

Table 1. Results of simulation modeling.

Dependence signal-noise, ($Eta_{less-good}$) i ($Eta_{more-good}$)	Models of the existing control system			Imitation control models		
	Good-ness	Losses, %	Productivity, m ³ /h	Goodness	Losses,%	Productivity, m ³ /h
$Eta_{less-good} = -10 * \log_{10} \left(\frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n y_i^2 \right)$	-	0,4	-	-	0,33	-
$Eta_{more-good} = -10 * \log_{10} \left(\frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right)$	88,7	-	120	90,5	-	123,7

Conclusions

1. The synthesis of interconnected control systems of the diffusion, juice cleaning and evaporation departments of the sugar plant technological complex by the method of analytical construction of aggregate regulators is based on the ideology of the synergetic control theory.

2. In order to synthesize the laws of synergistic control of sugar production processes, invariant manifolds (attractors) are used, in which the natural properties of the object and the requirements of control tasks are properly coordinated. The control laws are defined u_i to provide

optimal control of the main sugar production technological processes.

3. The simulated modeling of the proposed technical solutions showed the improved product quality, the increased productivity up to 1.8%, reduced energy consumption up to 3.7%, and a decrease of sugar losses up to 0.07%.

References

1. Ladaniuc, A. P., Reshetyuk, V. M., Kishenko, V. D., Smityuh, Y. V. (2014). Innovative technologies in the

management of complex biotechnological objects of agroindustrial complex. Kyiv. 280.

2. *Kolesnikov, A. A.* (2004). Synergetics and problem of control theory. Moscow. 504.

3. *Vladimir, E. S., Ismaylov, B. I.* (2011). Synergetic control methods of chaotic systems. Baku. 240.

4. *Kishenko, V. D., Sych, N. A.* (2017). Synergetic control of technological complex of sugar factory. Sugar of Ukraine. No. 1 (133). 32-36.

5. *Medida, S.* (2007). Pocket Guide on Industrial Automation For Engineers and Technicians. Austin. USA. 172.

6. *Kolesnikov, A. A.* (2007). Synergetics Applied: fundamentals of system synthesis. Taganrog. 384.

7. *Fradkov, A. L., Andrievsky, B., Barabanov, A. E., Bondarko, V. A.* (2008). Method of passification in problems of adaptive control, monitoring and synchronization of Nonlinear systems. Frequency and matrix inequalities. Moscow. 452-499.

8. *Zhou, J., Wen, C.* (2008). Adaptive Backstepping Control of Uncertain Systems Nonsmooth Nonlinearities, Interactions or Time-Variations. Springer Verlag. Berlin Heidelberg. 2008. 241 p.

9. *Freeman, R. A., Kokotovic, P. V.* (1996). Robust Control of Nonlinear Systems. Boston. Birkhauser. 258.

10. *Kokotovic, P. V.* (1999). Constructive nonlinear control: progress in the 90's. Prepr. 14th IF AC World Congress. Beijing. China. Plenary. 49-77.

11. *Kolesnikov, A. A.* (2011). Synergetics and Cybernetics: concept Alliance. Taganrog. 489.

12. *Malinetskiy, G. G., Potapov, A. B., Podlazov, A. V.* (2011). Nonlinear dynamics: Approaches, results, hopes. Moscow. 280.

13. *Loskutov, A. Yu.* (2018). Nonlinear dynamics, theory of dynamic chaos and synergetics (prospects and applications). Mode of access: www.cplire.ru/win/informchaoslab/chaoscomputerra/Loskutov.html.

14. *Khalil, H. K.* (2009). Nonlinear systems. Moscow. Izhevsk. 812.

15. *Bezruchko, B. P., Smirnov, D. A.* (2000.) Construction of model maps for chaotic time series. Saratov. 39.

6. *Колесников А. А.* Прикладная синергетика: основы системного синтеза. Таганрог. 2007. 384 с.

7. *Фрадков А. Л., Андриевский Б. Р., Барabanov А. Е., Bondarko В. А.* Метод пассивации в задачах адаптивного управления, наблюдения и синхронизации: Нелинейные системы. Частотные и матричные неравенства. Москва. 2008. С. 452–499.

8. *Zhou J., Wen C.* Adaptive Backstepping Control of Uncertain Systems Nonsmooth Nonlinearities, Interactions or Time-Variations. *Springer Verlag*. Berlin Heidelberg. 2008. 241 p.

9. *Freeman R. A., Kokotovic P. V.* Robust Control of Nonlinear Systems. Boston. Birkhauser. 1996. 258 p.

10. *Kokotovic P. V.* Constructive nonlinear control: progress in the 90's. Prepr. 14th IF AC World Congress. Beijing. China. 1999. Plenary vol. P. 49–77.

11. *Колесников А. А.* Кибернетика и синергетика: концептуальный альянс. Таганрог. 2011. 489 с.

12. *Малинецкий Г. Г., Потapов А. Б., Подлазов А. В.* Нелинейная динамика: Подходы, результаты, надежды. Москва. 2011. 280 с.

13. *Лоскутов А. Ю.* Нелинейная динамика, теория динамического хаоса и синергетика (перспективы и приложения). Режим доступа: www.cplire.ru/win/informchaoslab/chaoscomputerra/Loskutov.html.

14. *Халил Х. К.* Нелинейные системы. Москва. Изhevск. 2009. 812 с.

15. *Безручко Б. П., Смирнов Д. А.* Построение модельных отображений по хаотическим временным рядам. Саратов. 2000. 39 с.

СИНТЕЗ СИНТЕТИЧНИХ РЕГУЛЯТОРІВ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ЦУКРУ

В. П. Лисенко, М. А. Сич, Д. С. Комарчук

Анотація. Щоб вирішити проблему технологічного комплексу цукрового заводу ефективного управління на основі методу аналітичних робіт агрегованих регуляторів необхідно визначити оптимальні значення параметрів. В якості використовуваних вхідних часових рядів даних технологічних змінних у виробництві цукру. Для дослідження ефективності розробленої автоматизованої системи синергетичного управління і імітаційне моделювання було проведено шляхом порівняння функціонування розробленої системи з традиційними схемами.

Ключові слова: синергетичний регулятор, автоматизована система, математична модель, цукровий завод.

СИНТЕЗ СИНТЕТИЧЕСКИХ РЕГУЛЯТОРОВ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА САХАРА

В. Ф. Лысенко, М. А. Сыч, Д. С. Комарчук

Аннотация. Чтобы решить проблему технологического комплекса сахарного завода эффективного управления на основе метода аналитических работ агрегированных регуляторов необходимо определить оптимальные значения

Список літератури

1. *Ладанюк А. П., Решетюк В. М., Кишенько В. Д., Смітюх Я. В.* Інноваційні технології в управлінні складними біотехнологічними об'єктами агропромислового комплексу. Київ. 2014. 280 с.

2. *Колесников А. А.* Синергетика и проблемы теории управления. Москва. 2004. 504 с.

3. *Владимирский Э. И., Исмаилов Б. И.* Синергетические методы управления хаотическими системами. Баку. 2011. 240 с.

4. *Кишенько В. Д., Сич М. А.* Синергетичне керування технологічним комплексом цукрового заводу. *Цукор України*. 2017. №1 (133). С. 32–36.

5. *Medida, S.* Pocket Guide on Industrial Automation For Engineers and Technicians. Austin. USA. 2007. 172 p.

параметров. В качестве используемых входных временных рядов данных технологических переменных в производстве сахара. Для исследования эффективности разработанной автоматизированной системы синергетического управления и имитационное моделирование было проведено путем сравнения функционирования разработанной системы с традиционными схемами.

Ключевые слова: синергетический регулятор, автоматизированная система, математическая модель, сахарный завод.

UDC 681.511.4:664.1

REALIZATION OF OPTIMUM MODE OF MOVEMENT OF ROLLER FORMING INSTALLATION ON ACCELERATION OF FOURTH ORDER

Loveykin V. S.¹, Pochka K. I.²

¹National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Ukraine.

²Kyiv National University of Construction and Architecture, Ukraine.

Corresponding authors: lovvs@ukr.net.

Article history: Received: March 2018. Received in the revised form: April 2018. Accepted: May 2018.

Bibl. 25, fig. 5, tabl. 0.

Abstract. For the purpose of increase in reliability and durability of roller forming installation the optimum mode of back and forth motion of the forming cart on acceleration of the fourth order is calculated. Kinematic characteristics of the forming cart at the optimum mode of the movement on acceleration of the fourth order are calculated. The design of roller forming installation with the drive from the high-moment step engine which is built in the rolling rollers of the forming cart is offered and provides the optimum mode of back and forth motion of the forming cart on acceleration of the fourth order. Use in installation of the specified driving mechanism leads to improvement of quality of a surface to the processed concrete mix, reduction of dynamic loadings in elements of the driving mechanism, to disappearance of excess destructive loads of a frame design and, respectively, to increase in reliability and durability of installation in general.

Key words: roller forming installation, mode of the movement, step engine, drive.

Introduction

In the existing installations of superficial consolidation of concrete goods the crank ram or hydraulic drive of back and forth motion of the forming cart with the condensing rollers is used [1-3].

Formulation of problem

During the constant starting and brake modes of the movement there are considerable dynamic loadings in elements of the driving mechanism and in elements of the forming cart which can lead to premature getting out of installation of the working condition.

Analysis of recent research results

In the existing theoretical and pilot studies of cars of roller formation of concrete goods it is proved their design data and efficiency [1-3]. At the same time not

enough attention is paid to a research to the operating dynamic loadings and the modes of the movement that considerably influences work of installation and quality of finished goods [4-19]. During the constant starting and brake modes of the movement there are considerable dynamic loadings in elements of the driving mechanism and in elements of the forming cart that can lead to premature getting out of installation of the working condition [4-19]. In work [20] optimization of the dynamic mode of a reversal of roller forming installation is carried out. However in such mode acceleration and acceleration of the second order (breakthrough) of the cart are of great importance in his extreme provisions. By optimization of the breakthrough mode of a reversal of installation [21] acceleration of the cart in extreme provisions changes smoothly, however the breakthrough changes sharply and is of rather great importance. Optimization of the mode of a reversal of roller forming installation on acceleration of the third about [22, 23] leads to the fact that in extreme provisions of the cart acceleration and breakthrough change smoothly, however acceleration of the third order at the same time is of rather great importance and changes sharply from zero to the maximum value. Therefore urgent there is a problem of improvement of the driving mechanism of roller forming installation for the purpose of providing such mode of the movement of the forming cart at which dynamic loadings in elements of installation would decrease and its durability increased.

Purpose of research

The purpose of work consists in improvement of a design of the driving mechanism of roller forming installation for increase in her reliability and durability.

Results of research

Coefficients of unevenness of the movement and dynamism can be criteria of the mode of the movement of mechanisms and cars [24]. In this work as criterion of the mode of the movement the criteria action which is integral on time with sub integral function which expresses a

measure of the movement or action of system is used. For the optimum mode of the movement on acceleration of the fourth order we will have criterion of an optimality of the movement in a look:

$$I_Z = \int_0^{t_1} Q dt \rightarrow \min, \quad (1)$$

where t – time; t_1 – duration of the movement of the cart from one extreme situation in another; Q – energy of accelerations of the fourth order:

$$Q = \frac{1}{2} \cdot m \cdot x^2, \quad (2)$$

where m – mass of the forming cart; x – acceleration of the fourth order.

Poisson's equation is a condition of a minimum of criterion (1):

$$\begin{aligned} \frac{\partial Q}{\partial x} - \frac{d}{dt} \frac{\partial Q}{\partial \dot{x}} + \frac{d^2}{dt^2} \frac{\partial Q}{\partial \ddot{x}} - \frac{d^3}{dt^3} \frac{\partial Q}{\partial \overset{IV}{x}} + \\ + \frac{d^4}{dt^4} \frac{\partial Q}{\partial \overset{IV}{x}} - \frac{d^5}{dt^5} \frac{\partial Q}{\partial \overset{IV}{x}} = 0, \end{aligned} \quad (3)$$

where x , \dot{x} , \ddot{x} , $\overset{IV}{x}$, $\overset{V}{x}$ – movement coordinate, speed, acceleration, acceleration of the second order and acceleration of the third order of the cart respectively.

From expression (3) it is possible to write down:

$$\begin{aligned} \frac{\partial Q}{\partial x} = \frac{\partial Q}{\partial \dot{x}} = \frac{\partial Q}{\partial \ddot{x}} = \frac{\partial Q}{\partial \overset{IV}{x}} = \frac{\partial Q}{\partial \overset{V}{x}} = 0; \\ \frac{\partial Q}{\partial \overset{V}{x}} = m \cdot x; \\ \frac{d^5}{dt^5} \frac{\partial Q}{\partial \overset{V}{x}} = m \cdot \overset{X}{x} = 0. \end{aligned} \quad (4)$$

From the last equation (4) we receive the differential equation and its decisions:

$$\begin{aligned} \overset{X}{x} = 0; \quad \overset{IX}{x} = C_1; \quad \overset{VIII}{x} = C_1 \cdot t + C_2; \\ \overset{VII}{x} = \frac{1}{2} \cdot C_1 \cdot t^2 + C_2 \cdot t + C_3; \\ \overset{VI}{x} = \frac{1}{6} \cdot C_1 \cdot t^3 + \frac{1}{2} \cdot C_2 \cdot t^2 + C_3 \cdot t + C_4; \\ \overset{V}{x} = \frac{1}{24} \cdot C_1 \cdot t^4 + \frac{1}{6} \cdot C_2 \cdot t^3 + \frac{1}{2} \cdot C_3 \cdot t^2 + \\ + C_4 \cdot t + C_5; \\ \overset{IV}{x} = \frac{1}{120} \cdot C_1 \cdot t^5 + \frac{1}{24} \cdot C_2 \cdot t^4 + \frac{1}{6} \cdot C_3 \cdot t^3 + \\ + \frac{1}{2} \cdot C_4 \cdot t^2 + C_5 \cdot t + C_6; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \overset{III}{x} &= \frac{1}{720} \cdot C_1 \cdot t^6 + \frac{1}{120} \cdot C_2 \cdot t^5 + \frac{1}{24} \cdot C_3 \cdot t^4 + \\ &+ \frac{1}{6} \cdot C_4 \cdot t^3 + \frac{1}{2} \cdot C_5 \cdot t^2 + C_6 \cdot t + C_7; \\ \overset{II}{x} &= \frac{1}{5040} \cdot C_1 \cdot t^7 + \frac{1}{720} \cdot C_2 \cdot t^6 + \frac{1}{120} \cdot C_3 \cdot t^5 + \\ &+ \frac{1}{24} \cdot C_4 \cdot t^4 + \frac{1}{6} \cdot C_5 \cdot t^3 + \frac{1}{2} \cdot C_6 \cdot t^2 + C_7 \cdot t + C_8; \\ \overset{I}{x} &= \frac{1}{40320} \cdot C_1 \cdot t^8 + \frac{1}{5040} \cdot C_2 \cdot t^7 + \frac{1}{720} \cdot C_3 \cdot t^6 + \\ &+ \frac{1}{120} \cdot C_4 \cdot t^5 + \frac{1}{24} \cdot C_5 \cdot t^4 + \frac{1}{6} \cdot C_6 \cdot t^3 + \\ &+ \frac{1}{2} \cdot C_7 \cdot t^2 + C_8 \cdot t + C_9; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} x &= \frac{1}{362880} \cdot C_1 \cdot t^9 + \frac{1}{40320} \cdot C_2 \cdot t^8 + \\ &+ \frac{1}{5040} \cdot C_3 \cdot t^7 + \frac{1}{720} \cdot C_4 \cdot t^6 + \frac{1}{120} \cdot C_5 \cdot t^5 + \\ &+ \frac{1}{24} \cdot C_6 \cdot t^4 + \frac{1}{6} \cdot C_7 \cdot t^3 + \frac{1}{2} \cdot C_8 \cdot t^2 + C_9 \cdot t + C_{10}, \end{aligned} \quad (5)$$

where $C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, C_6, C_7, C_8, C_9, C_{10}$ – integration constants which are defined from boundary conditions.

Boundary traffic conditions of the cart from one extreme situation in another the following: entry conditions

$$\begin{aligned} -t = 0, \\ x = x_0, \\ \dot{x} = 0, \\ \ddot{x} = 0, \\ \overset{IV}{x} = 0, \\ x = 0; \end{aligned}$$

final conditions

$$\begin{aligned} -t = t_1, \\ x = x_1, \\ \dot{x} = 0, \\ \ddot{x} = 0, \\ \overset{IV}{x} = 0, \\ x = 0. \end{aligned}$$

Here x_0 and x_1 – coordinates of extreme provisions of the center of mass of the cart.

Having substituted boundary conditions in the equations (5), we receive:

$$\begin{aligned} t = 0: \quad C_{10} = x_0; \quad \tilde{N}_9 = 0; \quad \tilde{N}_8 = 0; \\ \tilde{N}_7 = 0; \quad \tilde{N}_6 = 0; \end{aligned} \quad (6)$$

$$t = t_1 : \begin{cases} \frac{1}{362880} \cdot C_1 \cdot t_1^9 + \frac{1}{40320} \cdot C_2 \cdot t_1^8 + \\ + \frac{1}{5040} \cdot C_3 \cdot t_1^7 + \frac{1}{720} \cdot C_4 \cdot t_1^6 + \\ + \frac{1}{120} \cdot C_5 \cdot t_1^5 + x_0 = x_1; \\ \frac{1}{40320} \cdot C_1 \cdot t_1^8 + \frac{1}{5040} \cdot C_2 \cdot t_1^7 + \\ + \frac{1}{720} \cdot C_3 \cdot t_1^6 + \frac{1}{120} \cdot C_4 \cdot t_1^5 + \\ + \frac{1}{24} \cdot C_5 \cdot t_1^4 = 0; \\ \frac{1}{5040} \cdot C_1 \cdot t_1^7 + \frac{1}{720} \cdot C_2 \cdot t_1^6 + \\ + \frac{1}{120} \cdot C_3 \cdot t_1^5 + \frac{1}{24} \cdot C_4 \cdot t_1^4 + \\ + \frac{1}{6} \cdot C_5 \cdot t_1^3 = 0; \\ \frac{1}{720} C_1 \cdot t_1^6 + \frac{1}{120} C_2 \cdot t_1^5 + \frac{1}{24} C_3 \cdot t_1^4 + \\ + \frac{1}{6} \cdot C_4 \cdot t_1^3 + \frac{1}{2} \cdot C_5 \cdot t_1^2 = 0; \\ \frac{1}{120} \cdot C_1 \cdot t_1^5 + \frac{1}{24} \cdot C_2 \cdot t_1^4 + \frac{1}{6} \cdot C_3 \cdot t_1^3 + \\ + \frac{1}{2} \cdot C_4 \cdot t_1^2 + C_5 \cdot t_1 = 0. \end{cases} \quad (7)$$

Having solved system of the equations (7), we receive integration constants C_1 , C_2 , C_3 , C_4 and C_5 :

$$\begin{aligned} C_1 &= 25401600 \cdot \frac{(x_1 - x_0)}{t_1^9}; \\ C_2 &= -12700800 \cdot \frac{(x_1 - x_0)}{t_1^8}; \\ C_3 &= 2721600 \cdot \frac{(x_1 - x_0)}{t_1^7}; \\ C_4 &= -302400 \cdot \frac{(x_1 - x_0)}{t_1^6}; \\ C_5 &= 15120 \cdot \frac{(x_1 - x_0)}{t_1^5}. \end{aligned} \quad (8)$$

We will accept amplitude of movement of the forming cart $\Delta x = x_1 - x_0$. Having substituted certain constants of integration (6) and (8) in the equations (5) we receive expressions for definition of kinematic characteristics of the forming cart when moving from one extreme situation to another at the optimum mode of back and forth motion on acceleration of the fourth order:

$$x = x_0 + \Delta x \cdot \begin{pmatrix} 70 \cdot \frac{t^4}{t_1^4} - 315 \cdot \frac{t^3}{t_1^3} + 540 \cdot \frac{t^2}{t_1^2} - \\ - 420 \cdot \frac{t}{t_1} + 126 \end{pmatrix} \cdot \frac{t^5}{t_1^5};$$

$$\begin{aligned} \dot{x} &= 630 \cdot \Delta x \cdot \begin{pmatrix} \frac{t^4}{t_1^4} - 4 \cdot \frac{t^3}{t_1^3} + 6 \cdot \frac{t^2}{t_1^2} - 4 \cdot \frac{t}{t_1} + 1 \end{pmatrix} \cdot \frac{t^4}{t_1^5}; \\ \ddot{x} &= 2520 \cdot \Delta x \cdot \begin{pmatrix} 2 \cdot \frac{t^4}{t_1^4} - 7 \cdot \frac{t^3}{t_1^3} + 9 \cdot \frac{t^2}{t_1^2} - \\ - 5 \cdot \frac{t}{t_1} + 1 \end{pmatrix} \cdot \frac{t^3}{t_1^5}; \\ \dddot{x} &= 2520 \cdot \Delta x \cdot \begin{pmatrix} 14 \cdot \frac{t^4}{t_1^4} - 42 \cdot \frac{t^3}{t_1^3} + 45 \cdot \frac{t^2}{t_1^2} - \\ - 20 \cdot \frac{t}{t_1} + 3 \end{pmatrix} \cdot \frac{t^2}{t_1^5}; \\ \overset{IV}{x} &= 15120 \cdot \Delta x \cdot \begin{pmatrix} 14 \cdot \frac{t^4}{t_1^4} - 35 \cdot \frac{t^3}{t_1^3} + 30 \cdot \frac{t^2}{t_1^2} - \\ - 10 \cdot \frac{t}{t_1} + 1 \end{pmatrix} \cdot \frac{t}{t_1^5}; \\ \overset{V}{x} &= 15120 \cdot \Delta x \cdot \begin{pmatrix} 70 \cdot \frac{t^4}{t_1^4} - 140 \cdot \frac{t^3}{t_1^3} + 90 \cdot \frac{t^2}{t_1^2} - \\ - 20 \cdot \frac{t}{t_1} + 1 \end{pmatrix} \cdot \frac{1}{t_1^5}. \end{aligned} \quad (9)$$

Having accepted amplitude of movement of the forming cart $\Delta x = 0,4m$ and duration of the movement of the forming cart from one extreme situation to another $t_1 = 3s$, on the equations (9) kinematic characteristics of the forming cart at the optimum mode of back and forth motion on acceleration of the fourth order have been calculated. By results of calculations schedules of the optimum mode on acceleration of the fourth order of change of movement (Fig. 1, a), speeds (Fig. 1, b), accelerations (Fig. 1, c), accelerations of the second order (Fig. 1, d), accelerations of the third order (Fig. 1, e), accelerations of the fourth order are constructed (Fig. 1, f) at the movement of the forming cart of one extreme situation in another. The law of the movement of the cart described by the equations (9) can be carried out by the drive from the high-moment step engine which is built in the rolling rollers of the forming cart of installation. At the same time the law of change of angular speed of the driving step engine is described by the equation:

$$\dot{\varphi} = 630 \frac{\Delta x}{R} \cdot \begin{pmatrix} \frac{t^4}{t_1^4} - 4 \frac{t^3}{t_1^3} + 6 \frac{t^2}{t_1^2} - 4 \frac{t}{t_1} + 1 \end{pmatrix} \cdot \frac{t^4}{t_1^5}, \quad (10)$$

$0 \leq t \leq t_1$.

Similarly the law of change of angular speed of the driving step engine at the movement of the forming cart is defined in the opposite direction:

$$\dot{\varphi} = -630 \frac{\Delta x}{R} \cdot \begin{pmatrix} \frac{(t-t_1)^4}{t_1^4} - 4 \frac{(t-t_1)^3}{t_1^3} + \\ + 6 \cdot \frac{(t-t_1)^2}{t_1^2} - \\ - 4 \cdot \frac{(t-t_1)}{t_1} + 1 \end{pmatrix} \cdot \frac{(t-t_1)^4}{t_1^5}, \quad (11)$$

$t_1 \leq t \leq 2t_1$;

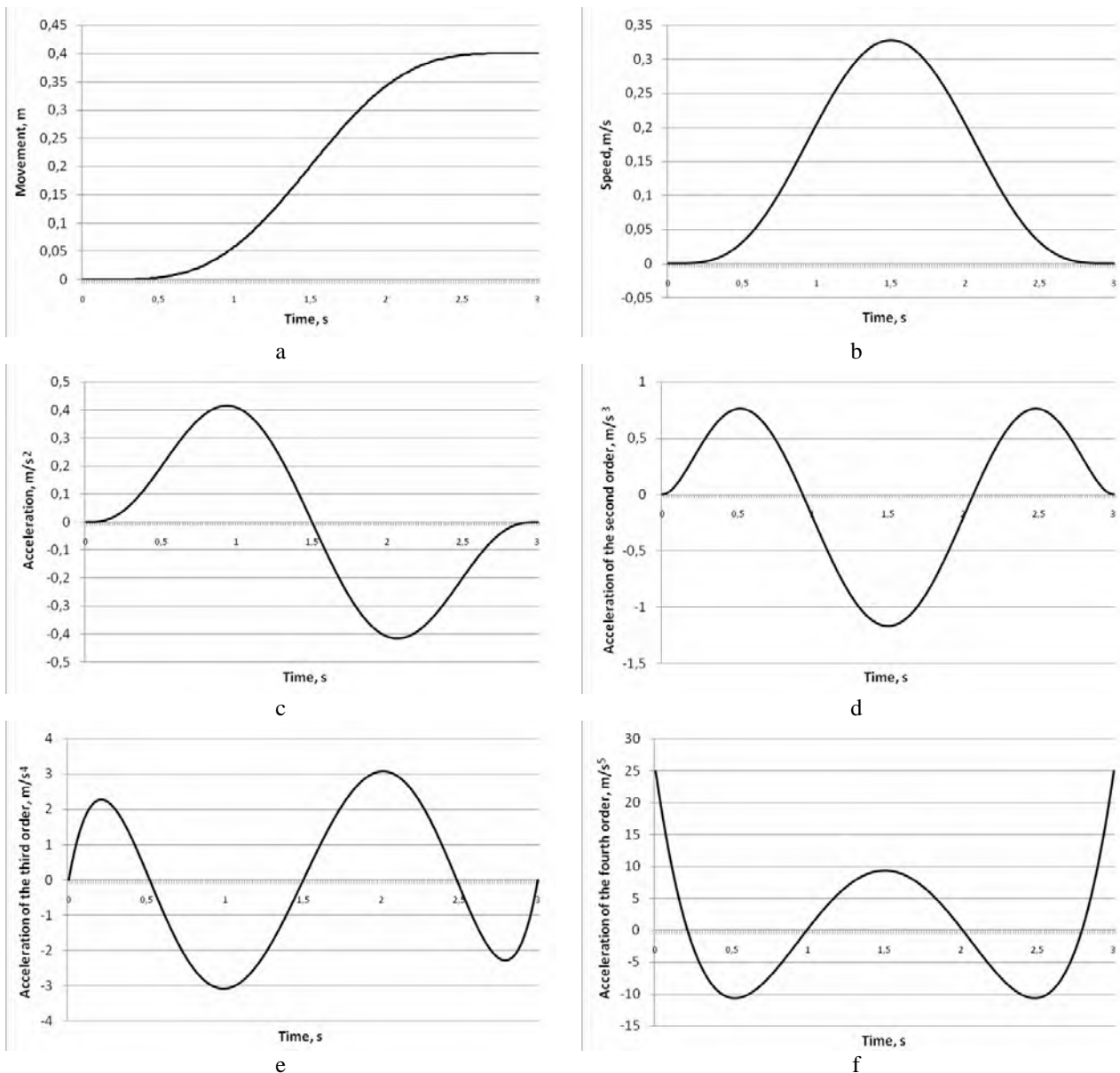


Fig. 1. Schedules of change of movement – a, speed – b, acceleration – c, accelerations of the second order – d, accelerations of the third order – e and accelerations of the fourth order – f at the optimum mode of the movement carts on acceleration of the fourth order.

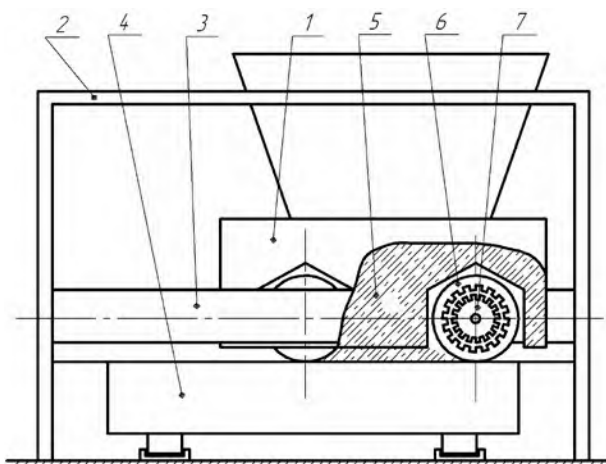


Fig. 2. Roller forming installation with the drive from the step engine.

For the purpose of reduction of dynamic loadings in elements of installation and for increase in her reliability the design of roller forming installation with the drive from the high-moment step engine for ensuring back and forth motion of the forming cart with the optimum breakthrough mode of a reversal (Fig. 2) is offered. Installation consists from the forming cart 1 which is mounted on the portal 2 and carries out back and forth motion in guides 3 over emptiness of a form 4. The forming cart contains the giving bunker 5 and the rolling rollers 6 on axis 7.

The cart is set in back and forth motion by means of the high-moment step engine which is built in rollers, and the axis of a roller plays a stator role, and a roller – a rotor [25].

Transforming the first expression (9) for a case when the beginning of coordinates is counted from the average provision of his movement, we will receive:

$$x = \frac{\Delta x}{2} \left[2 \cdot \left(\begin{array}{l} 70 \cdot \frac{t^4}{t_1^4} - 315 \cdot \frac{t^3}{t_1^3} + \\ + 540 \cdot \frac{t^2}{t_1^2} - 420 \cdot \frac{t}{t_1} + 126 \end{array} \right) \cdot \frac{t^5}{t_1^5} - 1 \right] \cdot (12)$$

The law of the movement of the cart described by the equation (12) can be carried out by the drive with the cam mechanism (Fig. 3) of back and forth motion of the cart.

At the same time the movement of the cart in one direction is carried out due to turn of a cam 1 on a half of a turn (that is $\varphi = \pi$) and in the returnable direction on a half of a turn; a full motion cycle of the cart – for one turn of a cam.

It is necessary for implementation of the described law of the movement of the cart that the increment of radius of a cam corresponded to an increment to movement of the cart.

According to it the variable radius of a cam is defined by dependence:

$$\rho = \frac{b}{2} + \frac{\Delta x}{2} \left[2 \cdot \left(\begin{array}{l} 70 \cdot \frac{t^4}{t_1^4} - 315 \cdot \frac{t^3}{t_1^3} + \\ + 540 \cdot \frac{t^2}{t_1^2} - 420 \cdot \frac{t}{t_1} + \\ + 126 \end{array} \right) \cdot \frac{t^5}{t_1^5} - 1 \right], (13)$$

where b – distance between pushers 2 (Fig. 3).

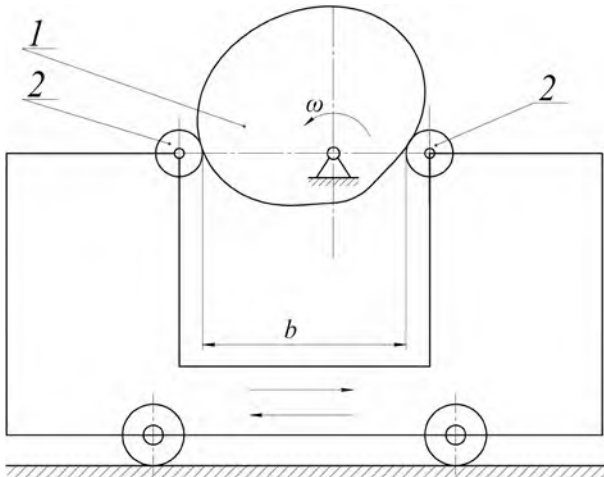


Fig. 3. The scheme of the mechanism with the cam drive of back and forth motion of the cart.

Time t can be excluded from dependence (13) as $t = \frac{\varphi}{\omega}$, and $t_1 = \frac{\pi}{\omega}$.

Here φ – angular coordinate of turn of a cam, and ω – angular speed of a cam.

After the corresponding transformations the radius of a cam which describes his profile contacts angular coordinate the following expression:

$$\rho = \frac{b}{2} + \frac{\Delta x}{2} \left[2 \cdot \left(\begin{array}{l} 70 \cdot \frac{\varphi^4}{\pi^4} - 315 \cdot \frac{\varphi^3}{\pi^3} + \\ + 540 \cdot \frac{\varphi^2}{\pi^2} - 420 \cdot \frac{\varphi}{\pi} + \\ + 126 \end{array} \right) \cdot \frac{\varphi^5}{\pi^5} - 1 \right], (14)$$

$0 \leq \varphi \leq \pi$

Similarly the cam profile on the site of his turn from π to 2π which is described by the radius changing on dependence is defined:

$$\rho = \frac{b}{2} - \frac{\Delta x}{2} \left[2 \cdot \left(\begin{array}{l} 70 \cdot \frac{(\varphi - \pi)^4}{\pi^4} - \\ - 315 \cdot \frac{(\varphi - \pi)^3}{\pi^3} + \\ + 540 \cdot \frac{(\varphi - \pi)^2}{\pi^2} - 420 \cdot \frac{(\varphi - \pi)}{\pi} + \\ + 126 \end{array} \right) \cdot \frac{(\varphi - \pi)^5}{\pi^5} - 1 \right], (15)$$

$\pi \leq \varphi \leq 2\pi$

For prevention of blows of a cam about pushers at change of the direction of the movement of the cart (14) and (15) profile of a cam (Fig. 4) described by the equations have such appearance that its diameter the d constant and is equal to distance between pushers b ($d = b$) in any situation.

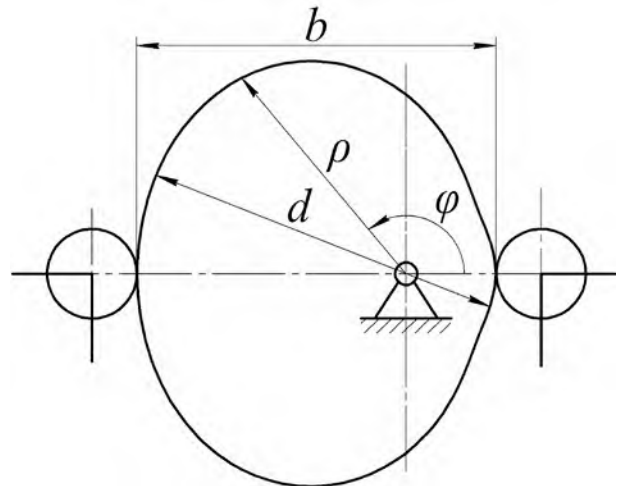


Fig. 4. The cam profile realizing the optimum mode of the movement on acceleration of the fourth order.

For the purpose of reduction of dynamic loadings in elements of installation and for increase in her reliability it is offered an installation design with the driving mechanism for providing the optimum mode of back and forth motion of the forming cart on acceleration of the fourth order (Fig. 5). The driving mechanism is executed in the form of pivotally the cam mechanisms installed on the

portal which contact to the pushers which are rigidly attached to the forming cart.

Installation contains 1 forming cart 2 mounted on the motionless portal which contains in itself the giving bunker 3 and the rolling rollers 4 and carries out reciprocating the movement in guides 5 over emptiness of a form 6 [26]. The cart is set in motion by means of two drives 7 attached to the portal 1 in the form of the cam mechanisms rotating with a constant angular speed ($\omega = const$), but different in the direction and contact to two pushers 8 which are rigidly connected to a cart 2 frame. Existence of two pushers 8 from each party of the forming cart 2 allows to create a rigid power chain at her direct and returnable movement.

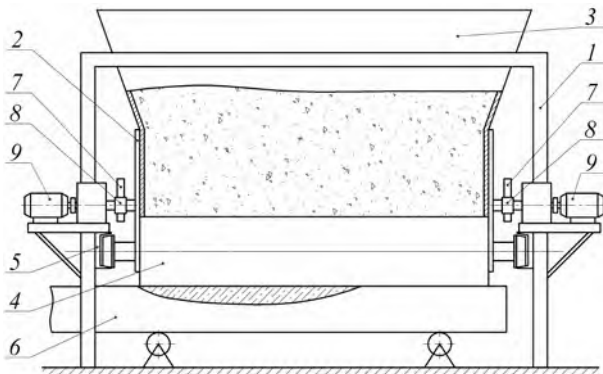


Fig. 5. Roller forming installation with the cam driving mechanism.

When using in installation of the drive from the high-moment step engine which is built in the rolling rollers which law of change of angular speed is described by the equations given above quality of the processed concrete mix increases, dynamic loadings in drive elements decrease, excess destructive loads of a frame design decrease and, respectively, durability of installation in general increases.

When using in installation of the cam driving mechanism from each party of the forming cart the possibility of her axial distortion is prevented, the quality of the processed concrete mix increases, dynamic loadings in drive elements decrease, excess destructive loads of a frame design decrease and, respectively, the durability of installation in general increases.

Conclusions

1. As a result of the conducted researches for the purpose of increase in reliability and durability of roller forming installation the optimum mode of back and forth motion of the forming cart on acceleration of the fourth order is calculated.

2. Kinematic characteristics of the forming cart at the optimum mode of back and forth motion on acceleration of the fourth order are calculated.

3. The design of roller forming installation with the drive from the high-moment step engine which is built in the rolling rollers of the forming cart with a possibility of realization of the optimum mode of back and forth motion on acceleration of the fourth order is offered.

4. The design of the drive of installation in a type of the cam mechanism is offered and the cam profile for providing the optimum mode of back and forth motion of the forming cart on acceleration of the fourth order is constructed.

5. Results of work can be used further for specification and improvement of the existing engineering methods of calculation of driving mechanisms of cars of roller formation both at design/designing stages, and in the modes of real operation. Also results of work can be useful at design or improvement of mechanisms with back and forth motion of executive elements.

References

1. *Garnec, V. M.* (1991). The progressive the forming units and complexes of concrete. Kyiv. Budivelnyk. 144.
2. *Kuzin, V. N.* (1981). Technology of roller formation of flat articles from fine-grained concrete: The abstract of the thesis for a degree of the candidate of science. Moscow. 20.
3. *Rjushin, V. T.* (1986). Research of working process and development of a method of calculation of cars of roller formation of concrete mixes. The thesis for a degree of Candidate of Technical Sciences. Kyiv. 186.
4. *Loveykin, V. S., Garnec, V. M., Pochka, K.I.* (2004). Patent of Ukraine for an invention № 67091 A. Installation for formation of products from concrete mixes. № u2003076371 it is stated 08.07.2003; it is published 15.06.2004. Bulletin № 6.
5. *Loveykin, V. S., Pochka, K. I.* (2004). The dynamic analysis of roller forming installation with the rekuperativ drive. Dynamics, durability and reliability of farm vehicles: Works of the First International scientific and technical conference (DSR AM - I). on October 4-7. Ternopil (Ukraine). 507-514.
6. *Loveykin, V. S., Pochka, K. I.* (2003). The power analysis of roller forming installation with the recuperative drive. Scientific and technical magazine «Technology of construction». Kyiv. No 14. 27-37.
7. *Loveykin, V. S., Pochka, K. I.* (2005). The analysis of unevenness of the movement of roller forming installation with the recuperative drive. Scientific and technical and production magazine «Hoisting-and-transport equipment». No 4. 19-33.
8. *Loveykin, V. S., Pochka, K. I., Palamarchuk, D. A.* (2004). Optimization of design data of the driving mechanism of roller forming installation with the rekuperativ drive. Scientific and technical magazine «Technology of construction». Kyiv. 2004. No 15. 40-48.
9. *Pochka, K. I.* 2008. Development and the analysis of roller forming installation with the rekuperativ drive. The abstract of the thesis for a degree of Candidate of Technical Sciences. Kyiv. KNUCA. 24.
10. *Loveykin, V. S., Kovbasa, V. P., Pochka, K. I.* (2010). The dynamic analysis of roller forming installation with energetically balanced drive. Scientific Herald of NULES of Ukraine. Series: Technique and energy of APK. Kyiv. No 144. part 5. 338-344.
11. *Loveykin, V. S., Kovbasa, V. P., Pochka, K. I.* (2011). The power analysis of roller forming installation with energetically balanced drive. Scientific bulletin of

the Tavriysky state agro technological university. Melitopol. No 1. Tom 2. 16-23.

12. *Loveykin, V. S., Pochka, K. I.* (2010). The analysis of unevenness of the movement of roller forming installation with energetically balanced drive. *Vibrations in the equipment and technologies*. No 4 (60). 20-29.

13. *Loveykin, V. S., Pochka, K. I.* (2010). Optimization of design data of roller forming installation with energetically balanced drive. *MOTROL. Motorization and power industry in agriculture*. Lublin. Tom 12 B. 9-18.

14. *Loveykin, V. S., Pochka, K. I.* (2004). The analysis of the movement of roller forming installation with the balanced drive. *Bulletin of the Kharkiv national automobile and road university*. No 27. 95-101.

15. *Loveykin, V. S., Pochka, K. I.* (2005). The power analysis of roller forming installation with the balanced drive. *Scientific bulletin of National agricultural university*. No 80. 346-356.

16. *Loveykin, V. S.* (1989). Assessment of the movement of mechanisms and cars. *Hoisting-and-transport equipment*. Kyiv. *Tehnika*. 16-18.

17. *Loveykin, V. S., Shumilov, G. V.* (2011). Optimization of the mode of change of a departure of the tower crane behind single kinematic criteria. *MOTROL. Motorization and power industry in agriculture*. Lublin. Tom 13. 167-174.

18. *Loveykin, V. S., Pochka, K. I.* (2015). The analysis of unevenness of the movement of roller forming installation with the balanced drive. *MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture*. Lublin-Rzeszow. Vol. 17. No 3. 17-27.

19. *Loveykin, V. S., Pochka, K. I.* (2016). Analysis of dynamic equilibration by the drive of cars of roller formation. *MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture*. Lublin-Rzeszow. Vol. 18. No 3. 41-52.

20. *Loveykin, V. S., Pochka, K. I.* (2015). Dynamic optimization of the mode of reversal of roller forming installation. *Collection of scientific tinders «Mechanical engineering»*. Harkiv. *Ukrainian engineering and pedagogical academy*. No 15. 76-86.

21. *Loveykin, V. S., Pochka, K. I.* (2015). Optimization of the breakthrough mode of reversal of roller forming installation. *Scientific Herald of NULES of Ukraine*. Series: Technique and energy of APK. Kyiv. No 212. part 1. 186-197.

22. *Loveykin, V. S., Pochka, K. I.* (2015). Optimization of the mode of reversal of roller forming installation on acceleration of the third order. *Bulletin of the Donbass state machine-building academy: collection of scientific works*. Kramatorsk. No 3 (36). 16-26.

23. *Loveykin, V. S., Pochka, K. I.* (2017). Synthesis of camshaft driving mechanism in roller molding installation with combined motion mode according to acceleration of third order. *Science & Technique*. Minsk. BNTU. No 16(3). 206-214. DOI:10.21122/2227-1031-2017-16-3-206-214.

24. *Loveykin, V. S.* (1990). Calculations of the optimum modes of the movement of mechanisms and cars. *Manual*. Kyiv. *UMK VO*. 168.

25. *Loveykin, V. S., Pochka, K. I., Chovnjuk, Ju. V., Dikteruk, M. G.* (2014). Patent of Ukraine for an invention № 105744. Installation for formation of prod-

ucts from concrete mixes. № a201309305 it is stated 25.07.2013; it is published 10.06.2014. *Bulletin* № 11.

Список літератури

1. *Garnec V. M.* The progressive the forming units and complexes of concrete. Kyiv. *Budivelnyk*. 1991. 144 p.

2. *Kuzin V. N.* Technology of roller formation of flat articles from fine-grained concrete: The abstract of the thesis for a degree of the candidate of science. Moscow. 1981. 20 p.

3. *Rjushin V. T.* Research of working process and development of a method of calculation of cars of roller formation of concrete mixes. The thesis for a degree of Candidate of Technical Sciences. Kyiv. 1986. 186 p.

4. *Loveykin V. S., Garnec V. M., Pochka K. I.* Patent of Ukraine for an invention № 67091 A. Installation for formation of products from concrete mixes. № u2003076371 it is stated 08.07.2003; it is published 15.06.2004. *Bulletin* № 6.

5. *Loveykin V. S., Pochka K. I.* The dynamic analysis of roller forming installation with the rekuperativ drive. Dynamics. durability and reliability of farm vehicles: Works of the First International scientific and technical conference (DSR AM - I). on October 4-7. 2004. Ternopil (Ukraine). P. 507-514.

6. *Loveykin V. S., Pochka K. I.* The power analysis of roller forming installation with the rekuperativ drive. *Scientific and technical magazine «Technology of construction»*. Kyiv. 2003. No 14. P. 27-37.

7. *Loveykin V. S., Pochka K. I.* The analysis of unevenness of the movement of roller forming installation with the rekuperativ drive. *Scientific and technical and production magazine «Hoisting-and-transport equipment»*. 2005. No 4. P. 19-33.

8. *Loveykin V. S., Pochka K. I., Palamarchuk D. A.* Optimization of design data of the driving mechanism of roller forming installation with the rekuperativ drive. *Scientific and technical magazine «Technology of construction»*. Kyiv. 2004. No 15. P. 40-48.

9. *Pochka K. I.* Development and the analysis of roller forming installation with the rekuperativ drive. The abstract of the thesis for a degree of Candidate of Technical Sciences. Kyiv. *KNUCA*. 2008. 24 p.

10. *Loveykin V. S., Kovbasa V. P., Pochka K. I.* The dynamic analysis of roller forming installation with energetically balanced drive. *Scientific Herald of NULES of Ukraine*. Series: Technique and energy of APK. Kyiv. 2010. No 144. part 5. P. 338-344.

11. *Loveykin V. S., Kovbasa V. P., Pochka K. I.* The power analysis of roller forming installation with energetically balanced drive. *Scientific bulletin of the Tavriysky state agro technological university*. Melitopol. 2011. No 1. Tom 2. P. 16-23.

12. *Loveykin V. S., Pochka K. I.* The analysis of unevenness of the movement of roller forming installation with energetically balanced drive. *Vibrations in the equipment and technologies*. 2010. No 4 (60). P. 20-29.

13. *Loveykin V. S., Pochka K. I.* Optimization of design data of roller forming installation with energetically

balanced drive. MOTROL. Motorization and power industry in agriculture. Lublin. 2010. Tom 12 B. P. 9-18.

14. Loveykin V. S., Pochka K. I. The analysis of the movement of roller forming installation with the balanced drive. Bulletin of the Kharkiv national automobile and road university. 2004. No 27. P. 95-101.

15. Loveykin V. S., Pochka K. I. The power analysis of roller forming installation with the balanced drive. Scientific bulletin of National agricultural university. 2005. No 80. P. 346-356.

16. Loveykin V. S. Assessment of the movement of mechanisms and cars. Hoisting-and-transport equipment. Kyiv. Tehnika. P. 16-18.

17. Loveykin V. S., Shumilov G. V. Optimization of the mode of change of a departure of the tower crane behind single kinematic criteria. MOTROL. Motorization and power industry in agriculture. Lublin. 2011. Tom 13 B. P. 167-174.

18. Loveykin V. S., Pochka K. I. The analysis of unevenness of the movement of roller forming installation with the balanced drive. MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. Lublin-Rzeszow. 2015. Vol. 17. No 3. P. 17-27.

19. Loveykin V. S., Pochka K. I. Analysis of dynamic equilibration by the drive of cars of roller formation. MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. Lublin-Rzeszow. 2016. Vol. 18. No 3. P. 41-52.

20. Loveykin V. S., Pochka K. I. Dynamic optimization of the mode of reversal of roller forming installation. Collection of scientific tinders «Mechanical engineering». Harkiv. Ukrainian engineering and pedagogical academy. 2015. No 15. P. 76-86.

21. Loveykin V. S., Pochka K. I. Optimization of the breakthrough mode of reversal of roller forming installation. Scientific Herald of NULES of Ukraine. Series: Technique and energy of APK. Kyiv. 2015. No 212. part 1. P. 186-197.

22. Loveykin V. S., Pochka K. I. Optimization of the mode of reversal of roller forming installation on acceleration of the third order. Bulletin of the Donbass state machine-building academy: collection of scientific works. Kramatorsk. 2015. No 3 (36). P. 16-26.

23. Loveykin V. S., Pochka K. I. Synthesis of camshaft driving mechanism in roller molding installation with combined motion mode according to acceleration of third order. Science & Technique. Minsk. BNTU. 2017. No 16(3). P. 206-214. DOI:10.21122/2227-1031-2017-16-3-206-214.

24. Loveykin V. S. Calculations of the optimum modes of the movement of mechanisms and cars. Manual. Kyiv. UMK VO. 168.

25. Loveykin V. S., Pochka K. I., Chovnjuk Ju. V., Dikteruk M. G. Patent of Ukraine for an invention № 105744. Installation for formation of products from concrete mixes. № a201309305 it is stated 25.07.2013; it is published 10.06.2014. Bulletin № 11.

РЕАЛІЗАЦІЯ ОПТИМАЛЬНОГО РЕЖИМУ РУХУ РОЛИКА ФОРМУЮЧОЇ УСТАНОВКИ НА ПРИСКОРЕННЯ ЧЕТВЕРТОГО ПОРЯДКУ

В. С. Ловеїкин, К. І. Почка

Анотація. В цілях збільшення надійності і довговічності ролика формуючи встановлення оптимального режиму руху вперед і назад в формуючій візки на розгін четвертого порядку розраховується. Кінематичні характеристики формуючи кошик при оптимальному режимі руху на прискорення четвертого порядку розраховуються. Дизайн роликів формувальні установи з приводом від високого моменту крокового двигуна, який побудований на прокатних роликів, утворюють візок і забезпечує оптимальний режим руху вперед і назад формуючій візки на розгін четвертого порядку. Використання в установці зазначеного приводного механізму призводить до покращення якості оброблюваної поверхні бетонної суміші, зниження динамічних навантажень в елементах приводного механізму, до зникнення зайвого руйнівних навантажень конструкція рами і, відповідно, збільшити надійність і довговічність установи в цілому.

Ключові слова: роликів формувальні установи, режим руху, крок двигуна, привод.

РЕАЛИЗАЦИЯ ОПТИМАЛЬНОГО РЕЖИМА ДВИЖЕНИЯ РОЛИКА ФОРМИРУЮЩЕЙ УСТАНОВКИ НА УСКОРЕНИЕ ЧЕТВЕРТОГО ПОРЯДКА

В. С. Ловеїкин, К. И. Почка

Аннотация. В целях увеличения надежности и долговечности ролика формируя установки оптимального режима движения вперед и назад в формующей тележки на разгон четвертого порядка рассчитывается. Кинематические характеристики формируя корзину при оптимальном режиме движения на ускорение четвертого порядка рассчитываются. Дизайн роликотые формовочные установки с приводом от высокого момента шагового двигателя, который построен на прокатных роликот, образующих тележку и обеспечивает оптимальный режим движения вперед и назад формующей тележки на разгон четвертого порядка. Использование в установке указанного приводного механизма приводит к улучшению качества поверхности обрабатываемой бетонной смеси, снижение динамических нагрузок в элементах приводного механизма, к исчезновению лишнего разрушительных нагрузок конструкция рамы и, соответственно, увеличить надежность и долговечность установки в целом.

Ключевые слова: роликотые формовочные установки, режим движения, шаг двигателя, привод.

UDC 681.511.4:664.1

OPTIMIZATION THE START-UP MODE OF BUCKET ELEVATOR BY CRITERION OF MEAN RATE OF CHANGE EFFORTS IN TRACTION BODY DURING CLASH ON DRIVE DRUM

Loveykin V. S.¹, Loveykin J. V.², Tkachuk L. B.¹

¹National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Ukraine.

²Taras Shevchenko National University of Kyiv, Ukraine.

Corresponding authors: lovvs@ukr.net, yuriyl@ua.fm.

Article history: Received: March 2018. Received in the revised form: April 2018. Accepted: May 2018.

Bibl. 20, fig. 5, tabl. 1.

Abstract. The oscillations of the structural elements, the drive mechanism and the traction body are minimized by optimizing the movement modes of the grain elevator during transient processes, which made it possible to increase its efficiency. Based on the chosen dynamic model, a mathematical model was created using the d'Alembert's principle. The optimization process of the start-up mode of the bucket elevator was considered by the criterion of mean rate of change efforts in the traction body during clash on the drive drum. Found laws of motion for working branch, the tensioning drum and the drive drum which correspond to the optimal mode of movement of the bucket elevator. Based on the discovered laws of motion were built kinematical characteristics of the main parts of the elevator which are presented in the form of graphical dependencies for the optimal motion mode. The graphical dependencies of the effort changes in the traction body during clash on the drive drum and shrinkage from the tensioning drum also received. Based on the graphical dependencies established that during start-up bucket elevator at the optimal mode of motion there are small oscillating processes that are the smallest just in the optimization by the criterion of mean rate of change efforts in the traction body during clash on the drive drum.

Key words: bucket elevator, dynamic model, mathematical model, motion mode, dynamic load, effort, oscillation.

Introduction

To improve the technological of processing and transportation of grain is advisable to increase the efficiency of work the bucket elevator. During the motion oscillations occur in the elements of the drive mechanism, traction body and supporting structures, which lead to increasing dynamic loads [1]. These loads are most significant during transition processes (start, braking or locking, switch from one speed to another), which leads to the accumulation of fatigue stresses in the construction of the elevator. This in turn leads to premature destruction of it, and complicates the technological process of transportation of grain material (rashes and damage the

grain), which negatively affects the safe operation of the elevator as a whole.

Formulation of problem

The minimize oscillations of structural elements, drive mechanism and traction body can be through optimization of movement grain elevator during transition processes that will improve its efficiency.

Analysis of recent research results

Works Khorolsky I. M., Kondrahin V. P., Spivakovsky A. O. and others [2-6] were devoted to simulation of working process elevator as multimass system with closed loop. In work [7] the optimization of mode start-up is reduced to finding the minimum time start conveyor under different conditions (strength ribbon, no slip ribbon on the drum, and the maximum moment of the motor). But at the calculation are used statistical indicators of conveyor, which do not fully reflect dynamic processes of vertical belt bucket elevators.

In [8] the mathematical model of the motion of the bucket elevator where accepted statistical mechanical characteristic of the drive motor is not fully reflects the movement of the elevator. Therefore there is a need to use the dynamic characteristics of the drive motor, which is enough to reflect the dynamic processes at the time of launch.

For optimization the modes of motion of the lifting machines used the methods of dynamic programming [9], the maximum principle [10] and the calculus of variations [11-14].

The most appropriate method to eliminate of oscillations in the elements of the bucket elevator is the calculus of variations, because at the decision of problems in the final result will getting smooth functions of changes kinematics characteristics.

The traction body (ribbon) is the main element of grain elevator, that's why the modes of motion for optimization appropriate to use criteria that reflect the dynamic load in the traction body.

Purpose of research

Improve the efficiency of the bucket elevator by optimizing the mode of motion of drive mechanism.

Results of research

For optimization the modes of motion of the bucket elevator selected the dynamic model. We will consider that all elements of the bucket elevator are absolutely rigid bodies besides ribbon and drive mechanism. All inertial masses are reduced to axis of rotation of the drive drum. The rigidity of drive mechanism reduces to this axis too. We consider that slip between the ribbon and the drive and tension drums are absent. Such assumption is provided the necessary preloading ribbon and enough clutches between drive and tension drums with ribbon. Mass of buckets and areas between ribbons is replaced one weight, which is concentrated in their center of mass at the working and non-working branches of the conveyor. Rigidity of the ribbon on the working and non-working branches of the conveyor consider the same.

Ignored the transverse vibrations of the buckets and ribbon, because they are minor compared to the main movement and they are more dependent on design features of the elevator but not from the mode of movement.

The chain contour of ribbon with buckets and drums are represented as chain open-circuited contour in the dynamic model of the bucket elevator (Fig.1). Conditional cut of ribbon made at the point of clash the ribbon on the tension drum. This is accepted that the tension of the ribbon at this point is equal to pre-loading ribbon with device tensioning with a force F_0 . Such assumption is accepted and used by many authors for the study of ribbon and chain conveyors [2].

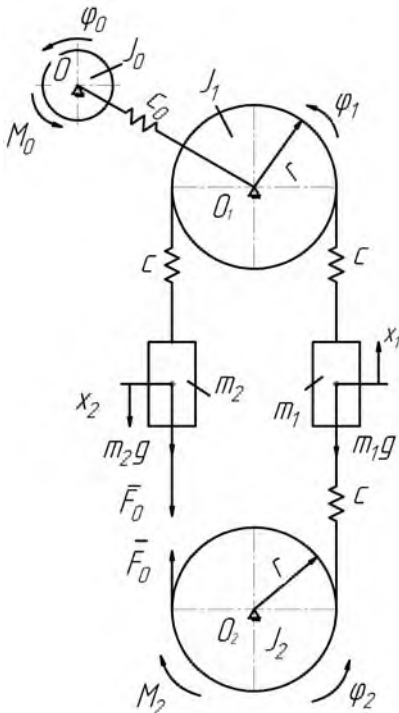


Fig. 1. Dynamic model of the bucket elevator.

As a result of the accepted assumptions the bucket elevator consider as mechanical system with five degrees of freedom, which is presented as a dynamic model, shown in Fig. 1. For generalized coordinates was taken the angular coordinates of rotor of the electric motor, which are reduced to the axis of the drive drum φ_0 , drive drum φ_1 and tension drum φ_2 and also longitudinal the linear coordinates of the center of mass of the working and non-working branches of the bucket elevator.

For the purpose of differential equations of motion bucket elevator, dynamic model is presented in Fig. 1, we use the principle of dynamic equilibrium of d'Alembert. According to this principle the equations of motion have the form:

$$\begin{cases} J_0 \ddot{\varphi}_0 = M_0 - c_0(\varphi_0 - \varphi_1), \\ J_1 \ddot{\varphi}_1 = c_0(\varphi_0 - \varphi_1) - cr(\varphi_1 r - x_1) + cr(x_2 - \varphi_1 r), \\ m_1 \ddot{x}_1 = c(\varphi_1 r - x_1) - c(x_1 - \varphi_2 r) - m_1 g, \\ m_2 \ddot{x}_2 = F_0 + m_2 g - c(x_2 - \varphi_1 r), \\ J_2 \ddot{\varphi}_2 = cr(x_1 - \varphi_2 r) - M_2 - F_0 r, \end{cases} \quad (1)$$

where: J_0, J_1, J_2 – moments of inertia relative to their axes of rotation of the drive mechanism, which was erected to the axis of rotation of the drive drum, drive and tension drum to accordance,

m_1, m_2 , – the total masses of the working and non-working branches of the elevator to accordance,

c_0 – stiffness of elastic elements of the drive mechanism that reduced to the axis of rotation of the drive drum,

c – stiffness of half the length of ribbon on the working (non-working) branch of the conveyor,

M_0 – the driving moment on shaft of the motor that reduced to the axis of rotation of the drive drum,

M_2 – the moment of resistance from loading buckets that reduced to the axis of rotation of the tension drum,

r – the radius of the drive drum and tension drum, which were adopted equal,

g – acceleration of free fall.

Consider the optimization process the start-up mode of the bucket elevator by the criterion of mean rate of change efforts in the traction body during clash on the drive drum. We will define the efforts in the traction body during clash on the drive drum from the third equation of the system (1):

$$R_{11} = c(\varphi_1 r - x_1) = m_1 \ddot{x}_1 + c(x_1 - \varphi_2 r) + m_1 g. \quad (2)$$

From the last equation of the system (1) will find the coordinate x_1 through φ_2 and it second derivative for time:

$$x_1 = \varphi_2 r + \frac{J_2}{cr} \ddot{\varphi}_2 + \frac{M_2/r + F_0}{c}. \quad (3)$$

We will differentiate expression (3) for time, as a result we receive:

$$\begin{aligned} \dot{x}_1 &= \dot{\varphi}_2 r + \frac{J_2}{cr} \ddot{\varphi}_2, \quad \ddot{x}_1 = \ddot{\varphi}_2 r + \frac{J_2}{cr} \overset{IV}{\varphi}_2, \\ \ddot{x}_1 &= \ddot{\varphi}_2 r + \frac{J_2}{cr} \overset{V}{\varphi}_2, \quad \overset{V}{x}_1 = \overset{V}{\varphi}_2 r + \frac{J_2}{cr} \overset{VI}{\varphi}_2, \\ \overset{V}{x}_1 &= \overset{V}{\varphi}_2 r + \frac{J_2}{cr} \overset{VII}{\varphi}_2, \quad \overset{VI}{x}_1 = \overset{VI}{\varphi}_2 r + \frac{J_2}{cr} \overset{VII}{\varphi}_2. \end{aligned} \quad (4)$$

Substituting the expressions (3) and (4) in depending (2), then we have:

$$R_{11} = \frac{m_1 J_2}{cr} \varphi_2^{IV} + \left(m_1 + \frac{J_2}{r^2} \right) r \ddot{\varphi}_2 + \frac{M_2}{r} + F_0 + m_1 g. \quad (5)$$

We will differentiate expression (5) for time, as a result we receive the depending of speed changes efforts in the traction body during clash on the drive drum:

$$\dot{R}_{11} = \frac{m_1 J_2}{cr} \varphi_2^V + \left(m_1 + \frac{J_2}{r^2} \right) r \ddot{\varphi}_2. \quad (6)$$

The mean rate of change efforts in the traction body during clash on the drive drum defined as an integrated functional:

$$\dot{R}_{11ck} = \left[\frac{1}{t_1} \int_0^{t_1} \dot{R}_{11} dt \right]^{\frac{1}{2}}, \quad (7)$$

where: t – time, t_1 – the duration of the transition process (start, braking, speed change, reverse).

The integrand expression of functional (7) is:

$$f = \dot{R}_{11}^2 = \left[\frac{m_1 J_2}{cr} \varphi_2^V + \left(m_1 + \frac{J_2}{r^2} \right) r \ddot{\varphi}_2 \right]^2. \quad (8)$$

Differentiating the expression (8) in compliance with the equation (9), we have:

$$\frac{\partial f}{\partial \varphi} = \frac{\partial f}{\partial \dot{\varphi}_2} = \frac{\partial f}{\partial \ddot{\varphi}_2} = \frac{\partial f}{\partial \varphi_2^{IV}} = 0,$$

$$\frac{\partial f}{\partial \ddot{\varphi}_2} = 2 \left(m_1 + \frac{J_2}{r^2} \right) r \left[\frac{m_1 J_2}{cr} \varphi_2^V + \left(m_1 + \frac{J_2}{r^2} \right) r \ddot{\varphi}_2 \right],$$

$$\frac{\partial f}{\partial \varphi_2^V} = 2 \frac{m_1 J_2}{cr} \left[\frac{m_1 J_2}{cr} \varphi_2^V + \left(m_1 + \frac{J_2}{r^2} \right) r \ddot{\varphi}_2 \right],$$

$$\frac{d^3}{dt^3} \frac{\partial f}{\partial \ddot{\varphi}_2} = 2 \left(m_1 + \frac{J_2}{r^2} \right) r \left[\frac{m_1 J_2}{cr} \varphi_2^{VIII} + \left(m_1 + \frac{J_2}{r^2} \right) r \varphi_2^{IV} \right],$$

$$\frac{d^5}{dt^5} \frac{\partial f}{\partial \varphi_2^V} = 2 \frac{m_1 J_2}{cr} \left[\frac{m_1 J_2}{cr} \varphi_2^X + \left(m_1 + \frac{J_2}{r^2} \right) r \varphi_2^{VIII} \right]. \quad (10)$$

After substituting expression (10) in equation (9) we obtain the differential equation tenth order:

$$\begin{aligned} & \left(\frac{m_1 J_2}{cr} \right)^2 \varphi_2^X + 2 \frac{m_1 J_2}{cr} \left(m_1 + \frac{J_2}{r^2} \right) r \cdot \varphi_2^{VIII} \\ & + \left(m_1 + \frac{J_2}{r^2} \right)^2 r^2 \varphi_2^{VI} = 0. \end{aligned} \quad (11)$$

Divide all the members of (11) on the coefficient near oldest derivative and will made a substitution:

$$k = \sqrt{\frac{m_1 + J_2/r^2}{m_1 J_2} cr^2} = \sqrt{\frac{m_1 r^2 + J_2}{m_1 J_2}} c, \quad (12)$$

we got

$$\varphi_2^X + 2k^2 \varphi_2^{VIII} + k^4 \varphi_2^{VI} = 0. \quad (13)$$

Equation (13) is a homogeneous differential equation tenth order with constant coefficients. For it solution will

make the characteristic equation $r^{10} + 2k^2 r^8 + k^4 r^6 = 0$, which can be written in this form:

$$r^6 (r^4 + 2k^2 r^2 + k^4) = 0. \quad (14)$$

Solution of equation (14) gives:

$$r^6 = 0, \quad (15)$$

$$r^4 + 2k^2 r^2 + k^4 = 0. \quad (16)$$

From equation (15) we'll have six roots:

$$r_1 = r_2 = r_3 = r_4 = r_5 = r_6 = 0, \quad (17)$$

and the equation (16) is biquadrate equation which after the replacement $p = r^2$, have a form $p^2 + 2k^2 p + k^4 = 0$.

Solution of this equation gives:

$$p_{1,2} = -k^2 \pm \sqrt{k^4 - k^4} = -k^2,$$

$$p_1 = p_2 = -k^2.$$

Then

$$r_{7,8} = \sqrt{p_1} = \sqrt{-k^2} = \pm k_i, \quad (18)$$

$$r_{9,10} = \sqrt{p_2} = \sqrt{-k^2} = \pm k_i.$$

As a result, the general solution of equation (13), based on the roots (17) and (18) of the characteristic equation (14), has the form:

$$\begin{aligned} \varphi_2 &= C_1 + C_2 t + C_3 t^2 + C_4 t^3 + C_5 t^4 + C_6 t^5 + \\ &+ (C_7 + C_8 t) \sin kt + (C_9 + C_{10} t) \cos kt, \\ \dot{\varphi}_2 &= C_2 + 2C_3 t + 3C_4 t^2 + 4C_5 t^3 + \\ &+ 5C_6 t^4 + (C_8 - C_9 k - C_{10} kt) \sin kt + \\ &+ (C_{10} + C_7 k + C_8 kt) \cos kt \\ \ddot{\varphi}_2 &= 2C_3 + 6C_4 t + 12C_5 t^2 + 20C_6 t^3 - \\ &- (2C_{10} + C_7 k + C_8 kt) k \sin kt + \\ &+ (2C_8 - C_9 k - C_{10} kt) k \cos kt \\ \ddot{\varphi}_2 &= 6C_4 + 24C_5 t + 60C_6 t^2 - \\ &- (3C_8 - C_9 k - C_{10} kt) k^2 \sin kt - \\ &- (3C_{10} + C_7 k + C_8 kt) k^2 \cos kt \\ \varphi_2^{IV} &= 24C_5 + 120C_6 t + \\ &+ (4C_{10} + C_7 k + C_8 kt) k^3 \sin kt - \\ &- (4C_8 - C_9 k - C_{10} kt) k^3 \cos kt, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \varphi_2^V &= 120C_6 + (5C_8 - C_9 k - C_{10} kt) k^4 \sin kt - \\ &- (5C_{10} + C_7 k + C_8 kt) k^4 \cos kt, \end{aligned} \quad (19)$$

where: C_1, C_2, \dots, C_{10} – constant of integration which found from the boundary conditions of motion:

$$\begin{cases} t = 0 : \varphi_2 = 0, \dot{\varphi}_2 = 0, \ddot{\varphi}_2 = 0, \ddot{\varphi}_2 = 0, \varphi_2^{IV} = 0, \\ t = t_1 : \dot{\varphi}_2 = \omega_y, \ddot{\varphi}_2 = 0, \ddot{\varphi}_2 = 0, \varphi_2^{IV} = 0, \varphi_2^V = 0. \end{cases} \quad (20)$$

where: ω_y – the established angular velocity of the tensioning drum, t_l – the duration of the transition process (start-up).

Substituting the boundary conditions (20) in the system of dependencies of kinematic characteristics of the tensioning drum (19), we obtain a system of linear equations to determine the constants C_i ($i=1, 2, \dots, 10$):

$$\left\{ \begin{array}{l} C_1 + C_9 = 0, \\ C_2 + C_{10} + C_7k = 0, \\ 2C_3 + 2C_8k - C_9k^2 = 0, \\ 6C_4 - 3C_{10}k^2 - C_7k^3 = 0, \\ 24C_5 - 4C_8k^3 + C_9k^4 = 0, \\ C_2 + 2C_3t_1 + 3C_4t_1^2 + 4C_5t_1^3 + \\ + 5C_6t_1^4 + (C_8 - C_9k - C_{10}kt_1)\sin kt_1 + \\ + (C_{10} + C_7k + C_8kt_1)\cos kt_1 = \omega_y, \\ 2C_3 + 6C_4t_1 + 12C_5t_1^2 + 20C_6t_1^3 - \\ - (2C_{10} + C_7k + C_8kt_1)k \sin kt_1 + \\ + (2C_8 - C_9k - C_{10}kt_1)k \cos kt_1 = 0, \\ 6C_4 + 24C_5t_1 + 60C_6t_1^2 - \\ - (3C_8 - C_9k - C_{10}kt_1)k^2 \sin kt_1 - \\ - (3C_{10} + C_7k + C_8kt_1)k^2 \cos kt_1 = 0, \\ 24C_5 + 120C_6t_1 + \\ + (4C_{10} + C_7k + C_8kt_1)k^3 \sin kt_1 - \\ - (4C_8 - C_9k - C_{10}kt_1)k^3 \cos kt_1 = 0, \\ 120C_6 + (5C_8 - C_9k - C_{10}kt_1)k^4 \sin kt_1 + \\ + (5C_{10} + C_7k + C_8kt_1)k^4 \cos kt_1 = 0. \end{array} \right. \quad (21)$$

As a result of solving the system of equations (21) we find the constants of integration C_i ($i=1,2,\dots,10$) and substitute the depending (19).

The (19) is the optimization the mode of motion of the bucket elevator by criterion of mean rate of change efforts in the traction body during clash on the drive drum during start-up.

For the bucket elevator with parameters that were calculated [15]: $J_0=65 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$, $J_1=78,4 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$, $J_2=78,4 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$, $\omega_y=5,7 \text{ rad/s}$, $R=0,315 \text{ m}$, $c_0=2000 \text{ N}\cdot\text{m/rad}$, $c=330000 \text{ N/m}$, $n_1=32$, $n_2=32$, $m_a=9 \text{ kg}$, $m_k=9 \text{ kg}$ in the program of the *Mathematica 9.0* [16] were calculated kinematic characteristics that are represented as graphs which are shown in the Fig. 2.

These graphs show characteristics for optimal mode of motion by the criterion of mean efforts in the traction body – the dotted line, and by the criterion of mean rate of change efforts – a solid line. Knowing the law of motion of the tensioning drum, which corresponds to the optimal mode of motion of the bucket elevator by a system of differential equations (1) we find the laws of motion of other parts. Law of motion of the working branch is defined from dependencies (3) and (4) and represented as graphs on the Fig. 3.

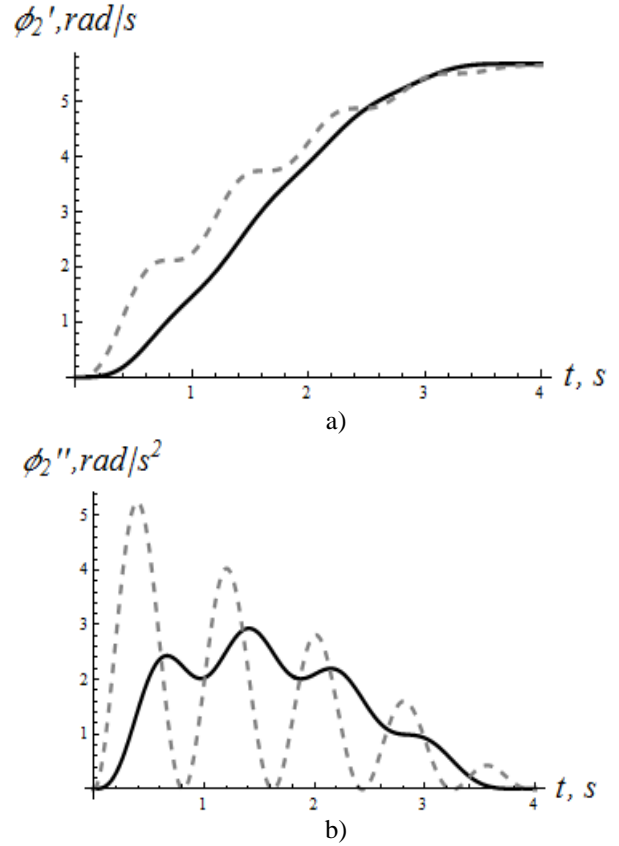


Fig. 2. Graphs of changes kinematic characteristics of the tensioning drum: a) speed, b) acceleration.

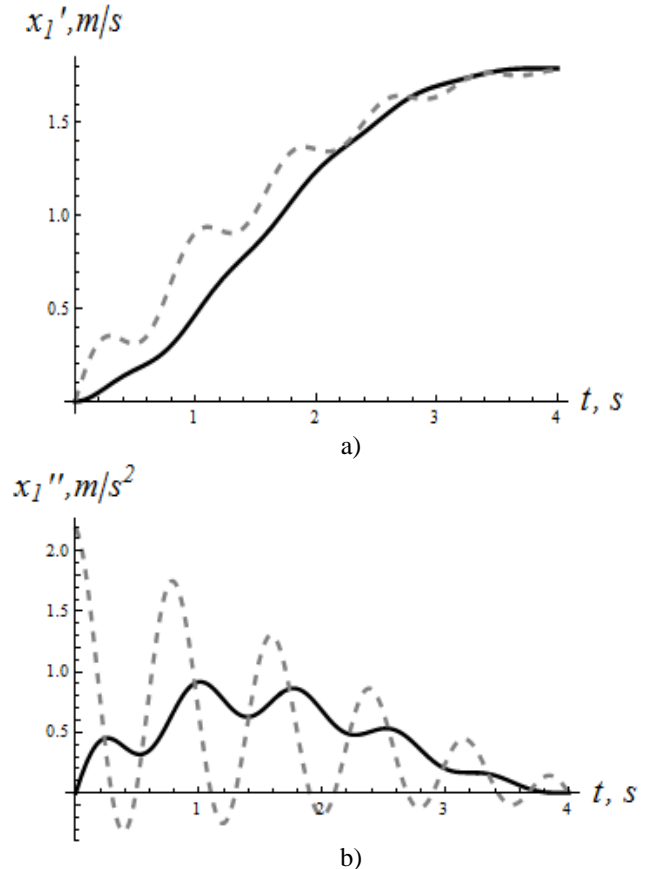
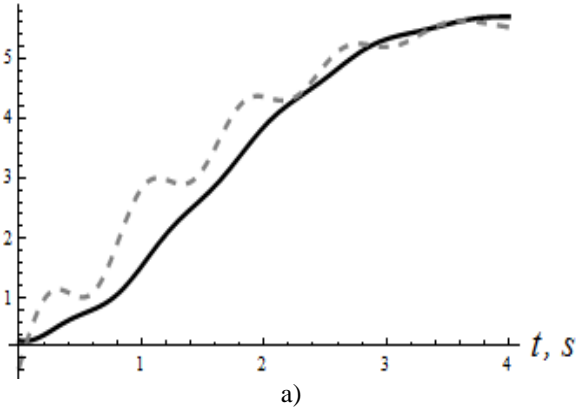


Fig. 3. Graphs of changes kinematic characteristics of the working branch: a) speed, b) acceleration.

And the law of motion of the drive drum will be defined from the third equation (1) and represented as graphs on the Fig. 4:

$$\begin{aligned}\varphi_1 &= -\varphi_2 + 2\frac{\dot{x}_1}{r} + \frac{m_1}{cr}(\ddot{x}_1 + g), \\ \dot{\varphi}_1 &= -\dot{\varphi}_2 + 2\frac{\dot{x}_1}{r} + \frac{m_1}{cr}\ddot{x}_1, \ddot{\varphi}_1 = -\ddot{\varphi}_2 + 2\frac{\ddot{x}_1}{r} + \frac{m_1}{cr}\ddot{x}_1, \\ \ddot{\varphi}_1 &= -\ddot{\varphi}_2 + 2\frac{\ddot{x}_1}{r} + \frac{m_1}{cr}\ddot{x}_1, \varphi_1 = -\varphi_2 + 2\frac{\dot{x}_1}{r} + \frac{m_1}{cr}\dot{x}_1.\end{aligned}\quad (22)$$

$\phi_1', \text{rad/s}$



$\phi_1'', \text{rad/s}^2$

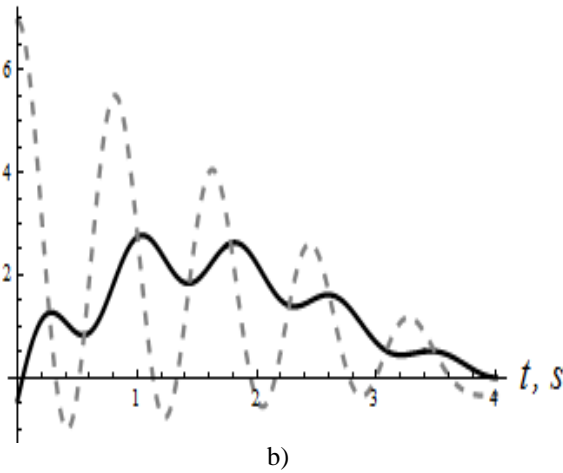


Fig. 4. Graphs of changes kinematic characteristics of the drive drum: a) speed, b) acceleration.

Solving the penultimate equation of system (1), we found the law of motion non-working branch of elevator:

$$m_2\ddot{x}_2 + cx_2 = cr\varphi_1 + m_2g + F_0. \quad (23)$$

Substitute into the equation (26) the expression φ_1 from the system (22) considering of expressions x_1 and \ddot{x}_1 at (3) and (4), resulting we have:

$$\begin{aligned}m_2\ddot{x}_2 + cx_2 &= cr\varphi_2 + \left(2\frac{J_2}{r^2} + m_1\right)r\ddot{\varphi}_2 + \\ &+ \frac{m_1J_2}{cr}\varphi_2 + m_2g + 2\frac{M_2}{r} + 3F_0.\end{aligned}\quad (24)$$

Then substitute into the equation (24) expressions φ_2 , $\ddot{\varphi}_2$ and φ_2 from the system (19), so we have:

$$\begin{aligned}m_2\ddot{x}_2 + cx_2 &= cr \left[\begin{aligned} &C_1 + C_2t + C_3t^2 + C_4t^3 + \\ &(C_5 + C_6t)\sin kt + \\ &+ (C_7 + C_8t)\cos kt \end{aligned} \right] + \\ &+ \left(m_1 + 2\frac{J_2}{r^2} \right) r \left[\begin{aligned} &2C_3 + 6C_4t - \\ &-(2C_8 + C_5k + C_6kt)k \sin kt + \\ &+ (2C_6 - C_7k - C_8kt)k \cos kt \end{aligned} \right] + \\ &+ \frac{m_1J_2}{cr} \left[\begin{aligned} &(4C_8 + C_5k + C_6kt)k^3 \sin kt - \\ &-(4C_6 - C_7k - C_8kt)k^3 \cos kt \end{aligned} \right] + \\ &+ m_2g + 2\frac{M_2}{r} + 3F_0 \\ m_2\ddot{x}_2 + cx_2 &= \left[\begin{aligned} &crC_1 + \\ &+ 2C_3 \left(m_1 + 2\frac{J_2}{r^2} \right) r + \\ &+ m_2g + 2\frac{M_2}{r} + 3F_0 \end{aligned} \right] + \\ &+ \left[crC_2 + 6C_4r \left(m_1 + 2\frac{J_2}{r^2} \right) \right] t + \\ &+ crC_3t^2 + crC_4t^3 + \\ &+ \left\{ \begin{aligned} &crC_5 - (2C_8 + C_5k)kr \left(m_1 + 2\frac{J_2}{r^2} \right) + \\ &+ (4C_8 + C_5k)k^3 \frac{m_1J_2}{cr} \end{aligned} \right\} + \\ &+ \left[\begin{aligned} &crC_6 - C_6k^2r \left(m_1 + 2\frac{J_2}{r^2} \right) + \\ &+ C_6k^4 \frac{m_1J_2}{cr} \end{aligned} \right] t \left\{ \sin kt + \right. \\ &+ \left. \left[\begin{aligned} &crC_7 + (2C_6 - C_7k)kr \left(m_1 + 2\frac{J_2}{r^2} \right) - \\ &-(4C_6 - C_7k)k^3 \frac{m_1J_2}{cr} \end{aligned} \right] + \right. \\ &+ \left. \left[\begin{aligned} &crC_8 - C_8k^2r \left(m_1 + 2\frac{J_2}{r^2} \right) + \\ &+ C_8k^4 \frac{m_1J_2}{cr} \end{aligned} \right] t \right\} \cos kt \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}m_2\ddot{x}_2 + cx_2 &= a_0 + a_1t + a_2t^2 + a_3t^3 + \\ &+ (a_4 + a_5t)\sin kt + (a_6 + a_7t)\cos kt\end{aligned}\quad (25)$$

We write the equation (25) in this form:

$$\begin{aligned}\ddot{x}_2 + k_1^2x_2 &= a_0 + a_1t + a_2t^2 + a_3t^3 + \\ &+ (a_4 + a_5t)\sin kt + (a_6 + a_7t)\cos kt\end{aligned}\quad (26)$$

Here

$$k_1 = \sqrt{m_2/c}. \quad (27)$$

The general solution of (29) we looking as the sum of a full solution of the homogeneous equation and a partial solution of the full equation, so:

$$x_2 = x_2^* + x_2^{**} \quad (28)$$

The homogeneous equation $\ddot{x}_2 + k_1^2 x_2^* = 0$. We write to him the characteristic equation $r^2 + k^2 = 0$, whence $r_{1,2} = \pm k_i$. Then the general solution of the homogeneous equation is:

$$x_2^* = A_1 \sin k_1 t + A_2 \cos k_1 t, \quad (29)$$

where: A_1 i A_2 – constants which determined from initial conditions of movements.

Based on the type of the right side of the equation (29), his partial solution has the form:

$$x_2^{**} = B_0 + B_1 t + B_2 t^2 + B_3 t^3 + (B_4 + B_5 t) \sin kt + (B_6 + B_7 t) \cos kt \quad (30)$$

We will differentiate expression (5) for time twice, as a result we receive:

$$\ddot{x}_2^{**} = 2B_2 + 6B_3 t - (2B_7 k + B_4 k^2 + B_5 k^2 t) \sin kt + (2B_5 k - B_6 k^2 - B_7 k^2 t) \cos kt \quad (31)$$

Substituting expressions (33) and (34) in equation (29), then we have:

$$\begin{aligned} & 2B_2 + 6B_3 t - \left(\begin{array}{l} 2B_7 k + \\ + B_4 k^2 + B_5 k^2 t \end{array} \right) \sin kt + \\ & + (2B_5 k - B_6 k^2 - B_7 k^2 t) \cos kt + \\ & + k_1^2 \left[\begin{array}{l} B_0 + B_1 t + B_2 t^2 + B_3 t^3 + \\ + (B_4 + B_5 t) \sin kt + \\ + (B_6 + B_7 t) \cos kt \end{array} \right] = \end{aligned} \quad (32)$$

$$\begin{aligned} & = a_0 + a_1 t + a_2 t^2 + a_3 t^3 + \\ & + (a_4 + a_5 t) \sin kt + \\ & + (a_6 + a_7 t) \cos kt. \end{aligned}$$

We group the components of the left side of the equation (32) according to the components of the right side of the equation and then obtain:

$$\left\{ \begin{array}{l} 2B_2 + B_0 k_1^2 = a_0, \\ 6B_3 + B_1 k_1^2 = a_1, \\ B_2 k_1^2 = a_2, B_3 k_1^2 = a_3, \\ -(2B_7 k + B_4 k^2) + B_4 k_1^2 = a_4, \\ -B_5 k^2 + B_5 k_1^2 = a_5, \\ (2B_5 k - B_6 k^2) + B_6 k_1^2 = a_6, \\ -B_7 k^2 + B_7 k_1^2 = a_7. \end{array} \right. \quad (33)$$

Having solved a system of linear equations, we find:

$$B_0 = \frac{a_0 - 2a_2/k_1^2}{k_1^2},$$

$$\begin{aligned} B_1 &= \frac{a_1 - 6a_3/k_1^2}{k_1^2}, \\ B_2 &= \frac{a_2}{k_1^2}, B_3 = \frac{a_3}{k_1^2}, \\ B_4 &= \frac{2ka_7/(k_1^2 - k^2) + a_4}{k_1^2 - k^2}, \\ B_5 &= \frac{a_5}{k_1^2 - k^2}, \\ B_6 &= \frac{a_6 - 2ka_7/(k_1^2 - k^2)}{k_1^2 - k^2}, \\ B_7 &= \frac{a_7}{k_1^2 - k^2}. \end{aligned} \quad (34)$$

Then the general solution of equation (26) has the form:

$$x_2 = A_1 \sin k_1 t + A_2 \cos k_1 t + B_0 + B_1 t + B_2 t^2 + B_3 t^3 + (B_4 + B_5 t) \sin kt + (B_6 + B_7 t) \cos kt \quad (35)$$

Take the time derivative of the expression (35):

$$\dot{x}_2 = A_1 k_1 \cos k_1 t - A_2 k_1 \sin k_1 t + B_1 + 2B_2 t + 3B_3 t^2 + (B_5 - B_6 k - B_7 kt) \sin kt + (B_7 + B_4 k + B_5 kt) \cos kt; \quad (36)$$

$$\ddot{x}_2 = -A_1 k_1^2 \sin k_1 t - A_2 k_1^2 \cos k_1 t + 2B_2 + 6B_3 t - (2B_7 + B_4 k + B_5 kt) k \sin kt + (2B_5 - B_6 k - B_7 kt) k \cos kt.$$

The unknown constants A_1 and A_2 determined from initial conditions of motion:

$$t = 0 : x_2 = \dot{x}_2 = 0. \quad (37)$$

Having substituted the initial conditions (40) in the depending (38) and (39) we get:

$$\left\{ \begin{array}{l} A_2 + B_0 + B_6 = 0; \\ A_1 k_1 + B_1 + B_7 + B_4 k = 0. \end{array} \right. \quad (38)$$

From the system (41) we have:

$$\begin{aligned} A_1 &= -(B_1 + B_7 + B_4 k)/k_1; \\ A_2 &= -B_0 - B_6. \end{aligned} \quad (39)$$

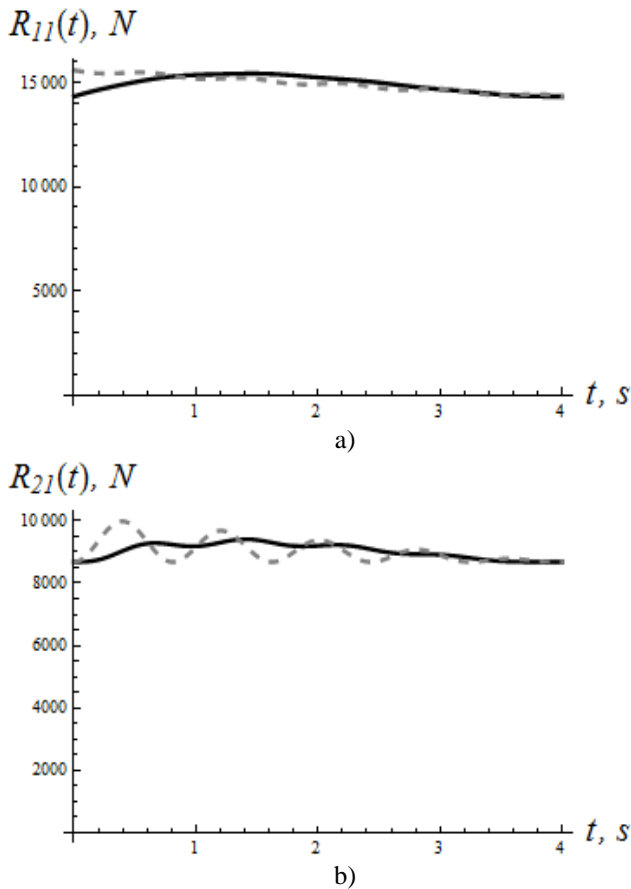
After finding the law of motion the non-working branch of elevator we can define the law of motion of the rotor of the electric motor that reduced to the axis of the drive drum.

For this we use the second equation of (1):

$$\begin{aligned} \varphi_0 &= \varphi_1 \left(1 + 2 \frac{cr^2}{c_0} \right) + \frac{J_1}{c_0} \ddot{\varphi}_1 - \frac{cr}{c_0} (x_1 + x_2), \\ \dot{\varphi}_0 &= \dot{\varphi}_1 \left(1 + 2 \frac{cr^2}{c_0} \right) + \frac{J_1}{c_0} \ddot{\varphi}_1 - \frac{cr}{c_0} (\dot{x}_1 + \dot{x}_2), \\ \ddot{\varphi}_0 &= \ddot{\varphi}_1 \left(1 + 2 \frac{cr^2}{c_0} \right) + \frac{J_1}{c_0} \varphi_1^{IV} - \frac{cr}{c_0} (\ddot{x}_1 + \ddot{x}_2). \end{aligned} \quad (40)$$

Table 1. The mean and maximum values for optimal regimes.

Indexes	Criteria for evaluation			
	The mean efforts in the traction body		The mean rate of change efforts in traction body	
	The mean value	The maximum value	The mean value	The maximum value
$\dot{x}_1, m/s$	1.311	1.784	1.246	1.793
$\ddot{x}_1, m/s^2$	0.733	2.184	0.525	0.918
$\dot{\varphi}_1, rad/s$	4.116	5.622	3.909	5.693
$\ddot{\varphi}_1, rad/s^2$	2.365	6.941	1.575	2.777
$\dot{\varphi}_2, rad/s$	4.184	5.664	3.983	5.693
$\ddot{\varphi}_2, rad/s^2$	2.029	5.246	1.712	2.935
R_{11}, N	14944	15586	14947	15425
R_{21}, N	9042	9988	9039	9413

**Fig. 5.** Graphs of change of efforts in the traction body: a) during clash on the drive drum, b) at shrinkage of the tensioning drum.

Now can find dependences of changes of resilient and driving moments of the drive mechanism from using the first equation of the system (1):

$$M_{01} = c_0(\varphi_0 - \varphi_1), \quad (41)$$

$$M_0 = M_{01} + J_0\ddot{\varphi}_0. \quad (42)$$

Effort in the traction body during clash on the drive drum is defined by the following expression (Fig. 5. a):

$$R_{11} = c(\varphi_1 r - x_1). \quad (23)$$

Efforts in traction body at shrinkage of the tensioning drum (Fig. 5. b):

$$R_{21} = c(x_1 - \varphi_2 r). \quad (24)$$

In the program Mathematica 9.0 for optimal mode of motion was calculated the mean and the maximum values of the following indicators:

- angular velocity and acceleration of the drive and tensioning drums,
- linear velocity and acceleration consolidated mass of working branches,
- efforts in the traction body during clash on the drive drum and at shrinkage of the tensioning drum.

As a result of the calculations obtained data are presented in the Table 1.

From the graphic of dependencies can see that at start-up of the bucket elevator in its moving parts there are oscillatory processes.

The magnitude of these oscillations depends on the accuracy of modelling parts of the conveyor.

To simplify the optimization mode of motion by criterion of mean rate of change efforts in the traction body during clash on the drive drum is used a dynamic model with one mass on the working and non-working branches in accordance.

After analysing the graphs can see that oscillatory processes occurring during optimization the mode of start-up by the criterion of mean efforts in the traction body is greater than during optimization by the criterion of mean rate of change efforts.

The maximum value of acceleration on the working branch and on the drive drum during optimization effort in the traction body is 2.5 times higher than the same value at optimization of rate of change efforts.

Also, the maximum value of efforts in the traction body at shrinkage of the tensioning drum at the first criterion is 4% higher than in the second.

It should be noted that the graphs of change efforts in the traction body during clash on the drive drum have smaller fluctuations than at the shrinkage of the tensioning drum.

Conclusions

1. The dynamic model the mode of motion of the bucket elevator was constructed as mechanical system with five degrees of freedom. For optimization the mode

of motion of the bucket elevator by the criterion of mean rate of change efforts in the traction body during clash on the drive drum was created a mathematical model, which based on the chosen dynamic model. Using the developed mathematical model obtained dependences of kinematic and force characteristics of parts for this optimal mode. Analyzing the results can see that optimization for both criteria of evaluation leads to oscillations, but in the second case (rate of change), these oscillations are much smaller.

2. In order to get rid of these oscillations is recommended to optimize the mode of motion by the criterion of mean acceleration the rate of change efforts in the traction body during clash on the drive drum.

3. Also it is necessary be noted that during conducted research was obtained optimal mode of motion at a constant force of resistance downloading the grain. It would be advisable to consider the impact of variable resistance downloading the grain, as is done for scraper conveyors in [17-20].

References

1. Loveykin, V. S., Tkachuk, L. B. (2016). Analysis of the Movement of the Bucket Elevator with the Dynamic Mechanical Characteristic of the Engine. Scientific Journal of National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Series: Equipment and Energy in Agriculture. 254. 397-407.

2. Khorolskyij, I. M. (1999). Dynamics of Chain Systems and Closed Circuits Continuous Transport Vehicles. Publisher State University "Lviv Polytechnic". 194.

3. Loveykin, V. S., Romasevych, Ju. O. (2010). Optimizing Traffic Control One Mass Mechanical Systems. MOTROL, 12V, 91-96.

4. Spivakovskij, A. O., Dmitriev, V. G. (1982). The Theory of Belt Conveyors. Moscow, 192.

5. Smehov, A. A., Erofeev, N. I. (1975). Optimal Control of Handling Machinery. Moscow: Engineering, 239.

6. Turchin, V. S. (2005). Substantiation of Constructive-Regime Parametres of Bucket Elevators for Transporting Bulk Materials. Orenburg, 187.

7. Kondrahin, V. P., Borisenko, V. F., Melnik, A. A. (2008). Simulation Starting Modes Scraper Conveyor Type KSD. Scientific papers of Donetsk National Technical University. Series: Mining and electromechanical, 13. Doneck: DonNTU, 132-140.

8. Loveykin, V. S., Bortun, V. A. (2011). Dynamics Motion Mode Vertical Bucket Elevator with a Downloaded Branch. Handling Machinery, 1(37), 67-78.

9. Bellman, R. (1960). Dynamic programming. Foreign Literature Publishing House. Moscow, 400.

10. Pontrjagin, L. S., Boltnjanskij, V. G., Gamkrelidze, R. V., Mishhenko, E. F. (1961). The Mathematical Theory of Optimal Processes. Moscow, 392.

11. Petrov, Ju. P. (1977). Variational Methods of Optimal Control Theory. Lviv: Energy, 280.

12. Elsgolc, L. E. (1969). Differential Equations and Calculus of Variations. Moscow: Science, 424.

13. Loveykin, V. S. (1990). Calculating the Optimum Modes of Movement of Construction Vehicles Mechanisms. Kyiv: UMK VO, 168.

14. Loveykin, V. S., Nesterov, A. P. (2002). Dynamic Optimization Winders. Kharkov: KhNADU, 291.

15. Bondarev, V. S., Dubinec, A. I., Kolesnik, M. P. (2009). Handling Machinery. Calculations of Lifting and Handling Machines. Kiev: High school, 729.

16. L. Vygovskij. (2011). Introduction to Wolfram Mathematica Available at: <http://www.exponenta.ru/educat/vygovskiy/vygovskiy.asp>.

17. Loveykin, V. S., Yavorska (Hudova), A. Ju. (2011). Multimass Model of the Movement Fodder Screw Type Variable Resistance. Motrol: International Journal on Operation of Farm and Agri-Food Industry Machinery, 13V (3), 124-129.

18. Loveykin, V. S., Kostyna, O. Ju. (2011). The Study Dynamics Starting Scraper Conveyor with Variable Load During Start-up. MOTROL: International Journal on Operation of Farm and Agri-Food Industry Machinery, 13V (3), 42-48.

19. Loveykin, V. S., Kostyna (Tkachenko), O. Ju. (2012). Optimization of Start-up Mode of the Scraper Conveyor. Motrol: International Journal on Operation of Farm and Agri-Food Industry Machinery, 14 (3), 120-125.

20. Loveykin, V. S., Yavorska (Hudova), A. Ju. (2012). Screw Feeder: Optimization of Motion Modes Considering that the Moments of Resistance Forces Change Under Linear Law. Motrol: International Journal on Operation of Farm and Agri-Food Industry Machinery, 14(3), 40-46.

Список літератури

1. Loveykin V. S., Tkachuk L. B. Analysis of the Movement of the Bucket Elevator with the Dynamic Mechanical Characteristic of the Engine. Scientific Journal of National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Series: Equipment and Energy in Agriculture. 2016. 254. P. 397-407.

2. Khorolskyij I. M. Dynamics of Chain Systems and Closed Circuits Continuous Transport Vehicles. Publisher State University "Lviv Polytechnic". 1999. 194 p.

3. Loveykin V. S., Romasevych Ju. O. Optimizing Traffic Control One Mass Mechanical Systems. MOTROL. 2010. 12V. P. 91-96.

4. Spivakovskij A. O., Dmitriev V. G. The Theory of Belt Conveyors. Moscow. 1982. 192 p.

5. Smehov A. A., Erofeev N. I. Optimal Control of Handling Machinery. Moscow: Engineering, 1975. 239 p.

6. Turchin V. S. Substantiation of Constructive-Regime Parametres of Bucket Elevators for Transporting Bulk Materials. Orenburg, 2005. 187 p.

7. Kondrahin V. P., Borisenko V. F., Melnik A. A. Simulation Starting Modes Scraper Conveyor Type KSD. Scientific papers of Donetsk National Technical University. Series: Mining and electromechanical, 13. Doneck: DonNTU, 2008. P. 132-140.

8. Loveykin V. S., Bortun V. A. Dynamics Motion Mode Vertical Bucket Elevator with a Downloaded Branch. Handling Machinery, 2011. 1(37). P. 67-78.

9. *Bellman R.* Dynamic programming. Foreign Literature Publishing House. Moscow, 1960. 400 p.

10. *Pontrjagin L. S., Boltnjanskij V. G., Gamkrelidze R. V., Mishhenko E. F.* The Mathematical Theory of Optimal Processes. Moscow, 1961. 392 p.

11. *Petrov Ju. P.* Variational Methods of Optimal Control Theory. Lviv: Energy, 1977. 280 p.

12. *Elsgolc L. E.* Differential Equations and Calculus of Variations. Moscow: Science, 1969. 424 p.

13. *Lovejkin V. S.* Calculating the Optimum Modes of Movement of Construction Vehicles Mechanisms. Kyiv: UMK VO, 1990. 168 p.

14. *Lovejkin V. S., Nesterov A. P.* Dynamic Optimization Winders. Kharkov: KhNADU, 2002. 291 p.

15. *Bondarev V. S., Dubinec A. I., Kolesnik M. P.* Handling Machinery. Calculations of Lifting and Handling Machines. Kiev: High school, 2009. 729 p.

16. *L. Vygovskij.* Introduction to Wolfram Mathematica Available at: <http://www.exponenta.ru/educat/vygovskiy/vygovskiy.asp>.

17. *Lovejkin V. S., Yavorska (Hudova) A. Ju.* Multimass Model of the Movement Fodder Screw Type Variable Resistance. MOTROL: International Journal on Operation of Farm and Agri-Food Industry Machinery, 2011. 13V (3), P. 124–129.

18. *Lovejkin V. S., Kostyna O. Ju.* The Study Dynamics Starting Scraper Conveyor with Variable Load During Start-up. MOTROL: International Journal on Operation of Farm and Agri-Food Industry Machinery, 2011. 13V (3), P. 42–48.

19. *Lovejkin V. S., Kostyna (Tkachenko) O. Ju.* Optimization of Start-up Mode of the Scraper Conveyor. Motrol: International Journal on Operation of Farm and Agri-Food Industry Machinery, 2012. 14 (3), P. 120–125.

20. *Lovejkin V. S., Yavorska (Hudova) A. Ju.* Screw Feeder: Optimization of Motion Modes Considering that the Moments of Resistance Forces Change Under Linear Law. Motrol: International Journal on Operation of Farm and Agri-Food Industry Machinery. 2012. 14(3). 40–46.

ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМУ ЗАПУСКУ КОВШОВОГО ЕЛЕВАТОРА ЗА КРИТЕРІЄМ СЕРЕДНЬОЇ ШВИДКОСТІ ЗМІНИ ЗУСИЛЛЯ В ТЯЗІ ТІЛА ПІД ЧАС ЗІТКНЕННЯ НА ПРИВОДНИЙ БАРАБАН

В. С. Ловеїкін, Ю. В. Ловеїкін, Л. Б. Ткачук

Анотація. Коливання структурних елементів, механізму привода і тягового органу зведені до мінімуму шляхом оптимізації режимів руху на елеватор під час перехідних процесів, що дозволило підвищити його ефективність. В залежності від обраної динамічна модель, математична модель була створена з допомогою принципу д'Аламбера. Процес оптимізації пускового режиму ковшового елеватора був розглянутий критерій Середня швидкість зміни зусилля на тяговий орган під час зіткнення на приводному барабані. Знайдені закони руху робочої гілки, натяжний барабан приводний барабан, який відповідає оптимальному режиму руху в ковшовий елеватор. На основі виявлених законів руху були побудовані кінематичні характеристики основних частин ліфта, які представлені у вигляді графічних

залежностей для оптимального режиму руху. Графічні залежності зміни зусилля на тяговий орган в ході зіткнення на приводному барабані і усадка з натяжної барабана також отримав. На основі графічних залежностей встановлено, що при пуску ковшового елеватора при оптимальному режимі руху є невеликі коливальні процеси, які є найменшими, всього в оптимізації за критерієм середньої швидкості зміни зусилля на тяговий орган у ході зіткнення на приводному барабані.

Ключові слова: ковшовий елеватор, динамічна модель, математична модель, режим руху, динамічних навантажень, зусилля, коливань.

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМА ЗАПУСКА КОВШОВОГО ЭЛЕВАТОРА ПО КРИТЕРИЮ СРЕДНЕЙ СКОРОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ УСИЛИЯ В ТЯГЕ ТЕЛА ВО ВРЕМЯ СТОЛКНОВЕНИЯ НА ПРИВОДНОЙ БАРАБАН

В. С. Ловеїкін, Ю. В. Ловеїкін, Л. Б. Ткачук

Аннотация. Колебания структурных элементов, механизма привода и тягового органа сведены к минимуму путем оптимизации режимов движения на элеватор во время переходных процессов, что позволило повысить его эффективность. В зависимости от выбранной динамической модель, математическая модель была создана с помощью принципа д'Аламбера. Процесс оптимизации пускового режима ковшового элеватора был рассмотрен критерий Средняя скорость изменения усилия на тяговый орган во время столкновения на приводном барабане. Найдены законы движения рабочей ветви, натяжной барабан и приводной барабан, который соответствует оптимальному режиму движения в ковшовый элеватор. На основе обнаруженных законов движения были построены кинематические характеристики основных частей лифта, которые представлены в виде графических зависимостей для оптимального режима движения. Графические зависимости изменения усилий на тяговый орган в ходе столкновения на приводном барабане и усадка из натяжного барабана также получил. На основе графических зависимостей установлено, что при пуске ковшового элеватора при оптимальном режиме движения есть небольшие колебательные процессы, которые являются самыми маленькими, всего в оптимизации по критерию средней скорости изменения усилия на тяговый орган в ходе боестолкновения на приводном барабане.

Ключевые слова: ковшовый элеватор, динамическая модель, математическая модель, режим движения, динамических нагрузок, усилий, колебаний.

UDC 681.511.4:664.1

RESONANT METHODS FOR ELECTRIC POWER TRANSMISSION AND APPLICATION

Strebkov D. S., Nekrasov A. I., Nekrasov A. A.

Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Agroengineering Center VIM", Russian Federation.

Corresponding authors: vim@vim.ru.

*Article history: Received: March 2018. Received in the revised form: April 2018. Accepted: May 2018.
Bibl. 16, fig. 11, tabl. 0.*

Abstract. The methods and apparatus for the resonant system of electric power transmission for stationary consumers and mobile electric transport are considered. Substantiation of wireless electric power transmission using on electroconductive channels created by electron beams, laser and microwave radiation is given.

It has been experimentally confirmed that in a single-wire high-frequency line there is a phase shift of 90° between standing waves of current and voltage. The current is reactive and capacitive in nature. There is no active current or direct current in the line. The frequency converters have an automatic tuning of the frequency to the resonance frequency in the line.

The problem of electromagnetic emission from single-wire cable is solved by the fact that the cable is shielded and the screen consists of separate isolated sections; the length of each section of the screen is much smaller than the wavelength corresponding to the resonant frequency of electrical energy transmission. There is no loss of corona in an insulated screened cable. For electromobility, non-contact (non-trolley) transmission of electrical energy is used at a distance of 0.1–0.35 m from a single-wire line to an electric vehicle.

The implementation of electrotechnics, carried out on the basis of the resonance method for different electrotechnology facilities is presented. The description of experimental samples of resonant cold-plasma coagulator is given. The results investigations of experimental samples of the resonant electric power transmission system are discussed.

Key words: resonant system for electric power transmission, resonant high-frequency Tesla transformers, electroconductive channel, resonant cold-plasma coagulator.

Introduction

If an electric engineer had studied classical electrotechnics during three semesters and works in the field of high-power electric networks, it is rather difficult for him to accept, that an alternative electrotechnics exists, which is characterized by the following features:

A closed circuit containing two conductors between the generator and the load is not necessary to obtain an electric current flow.

Formulation of problem

The current can flow through a single-wire circuit, like the water flows through a pipe from the upper basin to the lower one, or like the heat flows from a hot end of a metal bar to its cold end. (W. Thomson was first to point to the analogy between thermal conduction and electrostatics, while J. Maxwell was first to show the analogy between hydrodynamics and electrodynamics).

In a coil containing a single-layer wire winding, the phase velocity of the electromagnetic wave along the coil axes can be hundreds times lower, than in an overhead transmission line (or than the light speed in the free space).

The current varies along the line length, in different winds of a coil, or in different sections of a single-conductor line, it can have any local value, including zero. Furthermore, the current in different segments of a single-wire circuit can flow in opposite directions.

Analysis of recent research results

However, such exotic behavior of the current (from the viewpoint of a classical electric engineer) does not seem strange to a radio engineer, because a beam antenna and a single-conductor waveguide are classical examples of single-conductor lines for him [1–3].

Standing waves and traveling waves of the current (and voltage) exist in such lines, and the circuit is closed by displacement currents in the space surrounding the single-conductor line.

J. Maxwell wrote: "Extraordinary difficulty of coordinating the electromagnetism laws with the existence of unclosed electric currents is one of the reasons (among many other), why we must admit the existence of currents created by displacement variation".

At a high frequency, the single-layer electric coil is transformed from a classical induction coil (in different application conditions) to a slow-wave structure or electromagnetic-wave delay line, to a helical waveguide, helical antenna or electric resonator with distributed parameters, which can not be determined using the classical electric circuit theory.

Results of research

Single-wire transmission line.

All the considered phenomena in a single-conductor line and in a spiral coils exist also at frequencies of 1 to 100 kHz, and they can be used for electric power transmission. Furthermore, the specified frequency range is most suitable for electric power transmission along a single-conductor waveguide in connection with limitations imposed by the radiation loss caused by the antenna effect. Unfortunately, the radio engineers have little interest in this frequency range, while the electric engineers are insufficiently prepared for working at the interface of electrotechnics and radiotechnics.

The electric power transmission along a single-conductor line at a higher frequency has been first proposed and realized by N. Tesla more than 100 years ago [4-9]. N. Tesla considered a resonant single-conductor system for electric power transmission as an alternative to a dc power transmission system proposed by T. Edison. The competition between dc and ac power transmission systems continues at present, however it takes place in the context of classical single-phase (double-wire) and three-phase (triple-wire) closed transmission lines.

We have shown experimentally, that a single-conductor line with a high-frequency resonant Tesla transformer at the line end can transmit electric power at any frequency, including zero frequency (i.e. using rectified current). The single-conductor resonant systems (see Fig. 1, 2) offer possibilities for designing super-long cable lines and replacing (in future) the existing overhead lines with cable single-conductor lines [10-11].

In this way one of major electrification problems: increasing the reliability of electric power supply will be solved.

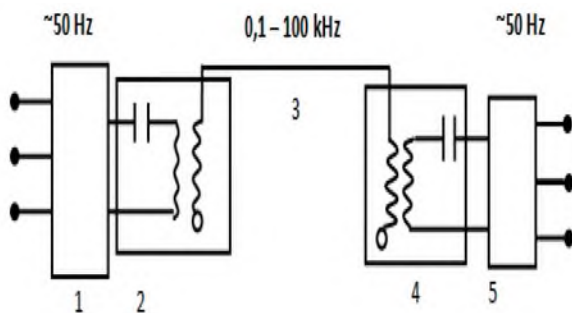


Fig. 1. Resonant system for electric power transmission: 1 – converter; 2, 4 – resonant high-frequency Tesla transformers; 3 – single-conductor high-voltage line connecting the transformers; 5 – inverter.

Standing waves.

The open-ended line shown in Fig. 1, whose length is $l = (2n + 1) \lambda/4$, $n = 0, 1, 2, 3, \dots$, has a current loop and a voltage node at the generator terminals; in case of $l = n \lambda/2$, it is a voltage loop and a current node. In both cases the line is equivalent to a resonant oscillatory circuit.

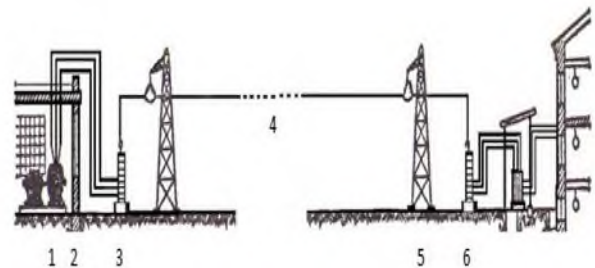


Fig. 2. Single-conductor resonant power transmission system: 1 – electric generator, 50 Hz (1 to 100 kHz); 2 – frequency converter 50 Hz / 1 to 100 kHz (absent, if the generator frequency is 1 to 100 kHz); 3 – high-frequency step-up transformer 0.4 kV / 10 to 500 kV; 4 – single-conductor line 10 to 500 kV; 5 – high-frequency step-down transformer 10 to 500 kV / 0.4 kV.

The standing waves in the open-ended single-conductor line (see Fig. 3) arise as a result of superposing the incident and the reflected waves having equal amplitudes.

The voltage and current phase values demonstrate no displacement along the line, while the phase shift between the current and the voltage is equal to 90° .

The line cross-sections with voltage loops contain current nodes, while voltage nodes correspond to current loops.

The mean power delivered by the generator into the open-ended single-conductor lossless line (or into a line, loaded with a capacitor) is equal to zero [2].

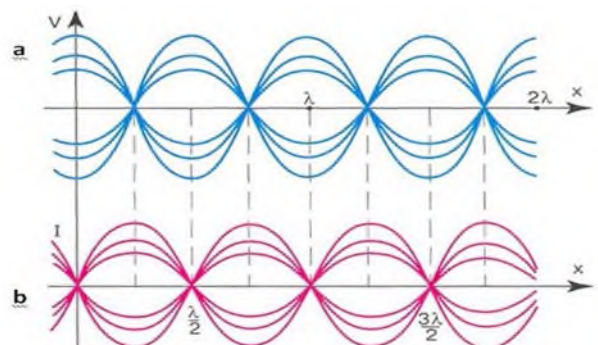


Fig. 3. Standing waves in an open-ended line at various time points: a – voltage; b – current.

If the line operates in the standing-wave regime, its input impedance is reactive. If the line is lossy, a certain traveling wave from the generator compensates for the loss.

If traveling and standing waves are present in the line, its input impedance contains both reactive and active components.

The single-conductor resonant line, open at the load end (or loaded with a capacitor) is shown in Fig. 4, a; the current and voltage distribution for the open-ended line is plotted in Fig. 4, b [2, 11].

$$n = 0 \quad l = \frac{\lambda}{4} \quad f = 5 \text{ kHz} \quad \lambda = 60 \text{ km} \quad l = 15 \text{ km}$$

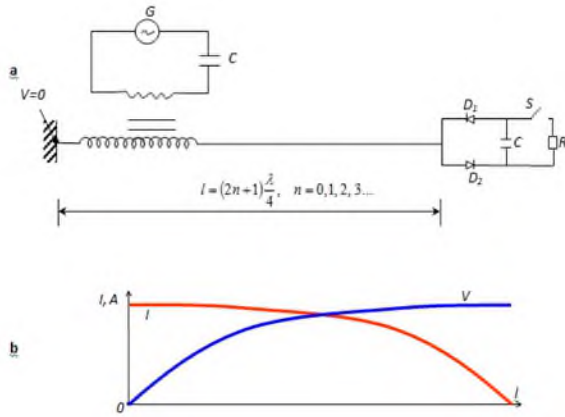


Fig. 4. Circuit representation for a single-conductor resonant line, open at the load end or loaded with a capacitor (a); current and voltage distribution (b): G – generator; C_0 – capacitance of the resonant circuit; D_1 and D_2 – diode unit; C – load capacitance; S – electronic switch; R – load resistance.

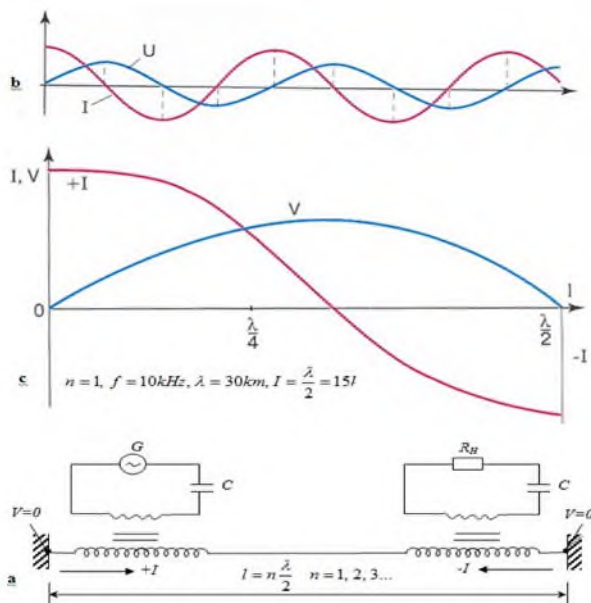


Fig. 5. Current and voltage distribution in a single-conductor line shorted to the ground at both ends: a – circuit representation (G – high-frequency generator, R_L – load resistance, C – capacitance of the resonant circuit); b – current and voltage standing wave distribution along a single-conductor line; c – current and voltage distribution in a half-wave single-conductor line.

The current and voltage distribution in a single-conductor line shorted to the ground at both ends is shown in Fig. 5 [11]. The classical electric engineer (mentioned at the beginning of this section) would say, looking at Fig.5, a, b, that it is a closed double-conductor transmission line using the ground as the second conductor, with the conductance current in the closed circuit. The radio engineer would give a correct explanation: it is a conventional waveguide characterized by 90° phase shift between the current and the voltage, fastened to grounded metal supports, which are connected to the line at the voltage node points. The line grounding at the voltage node points does not change the waveguide

parameters and does not effect the transmitted power value.

Poyting vector.

When the line operates in the standing-wave regime, the direction of the Poynting vector \vec{S} is inverted every quarter of the time period: it is directed from the generator to the load or back (see Fig.6). This phenomenon is explained in the following way. The phase shift between the voltage and the current in the line (and consequently between the values of the electric and magnetic field strength) is equal to 90° ; as a result, the direction of one of the vectors: \vec{E} or \vec{H} is inverted every quarter of the period. This consideration confirms, that the generator spends no energy to produce standing waves in the line [2].

For the electric engineer, the stationary or standing waves shown in Fig. 4-5 illustrate a phenomenon, which has no real physical basis, because the length of transmission lines does not usually exceed 1000 km, while the current and voltage wavelength at a frequency of 50 Hz equals to 6000 km. A half-wave line (see Fig.5, c), 1000 km in length, can be obtained at a frequency of 150 Hz, and in this case even a conventional single-phase or three-phase line will transmit considerably more power, than at a frequency of 50 Hz.

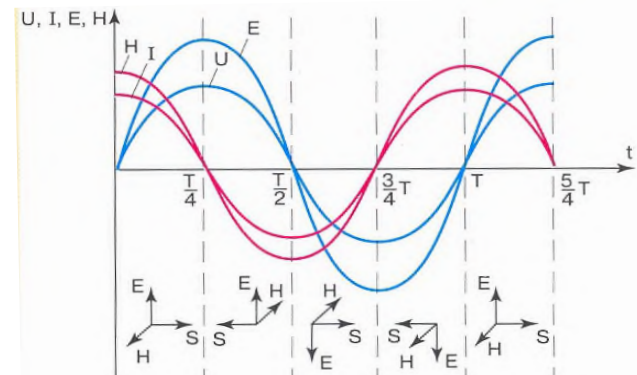


Fig. 6. Direction of the Poynting vector \vec{S} along the single-conductor line in the standing-wave regime: I, H – waves of the current and the magnetic field strength; V, E – waves of the voltage and the electric field strength.

However conventional transmission lines reveal resonant properties only in an emergency condition (for example, in case of line break at the consumer). In order to understand N. Tesla works and develop his ideas on resonant electrotechnics, the classical course for electric engineers shall be supplemented by a special course containing information on high-frequency resonant lines, principles of single-conductor and helical waveguides, methods for designing electric circuits with distributed components, main scientific and practical results in the field of resonant electric technologies and prospects for their application.

Applications fulds.

Several application fields for resonant single-conductor electric systems are considered below.

A. Electric power transmission.

A 20-kW, 1-kHz resonant transmission line based on a single-conductor cable, 1.2 km in length, has been

successfully developed and tested at the VIESH (Fig. 7) [11].

B. Electric ships.

Application of various conducting mediums in the resonant systems for transmitting electric power has been illustrated using an electric boat model, which receives electric power from a water basin with alive fish (Fig 8, 9).



Fig. 7. 20 kW, 1 kHz resonant electric power transmission system.

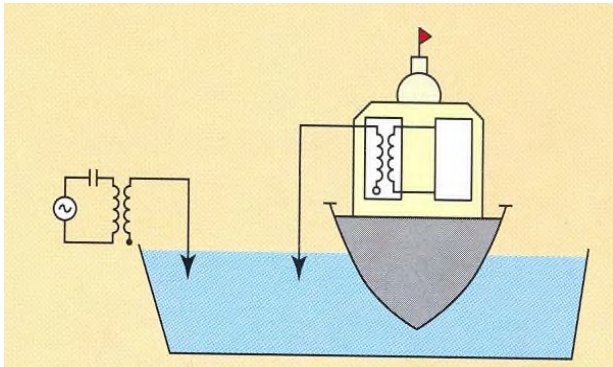


Fig. 8. Electric power transmission using water as conducting media.



Fig. 9. Electric boat model receiving electric power through the water.

A wind power station, a solar battery, etc. can be used as a source of electric power in a resonant electric system.

A. Electric vehicles.

Another global application for resonant single-conductor electric power transmission systems consists in the opportunity of developing noncontact high-frequency electric transport [11-13]. The well-known noncontact method for transmitting electric power to a vehicle

through an air-core transformer (using the electromagnetic induction method and conventional single-phase power transmission lines) has basic limitations on the transmitted power level, the transmission efficiency and the line length; therefore, it is not used at present [14].



Fig. 10. Contactless high frequency electric vehicle.

An experimental model of a small electric vehicle developed at the VIESH receives electric power from an isolated single-conductor cable line laid inside the roadway covering (see Fig. 10). The works on increasing the noncontact drive power and developing a commercial project of a resonant electric transport system are being carried out now. It is possible to imagine in future a big green city, full of flowers, without exhaust gases and smog. A cable transmission line will be laid in this city under each driving row along main roads, and each vehicle has an electric motor and a noncontact trolley in addition to the combustion engine. The traffic along big highways between cities can be organized in the same way, including possible use of automated vehicles controlled by robots and computers.

Use of an electric noncontact drive in the agricultural energetics opens the prospects for substantial fuel saving and developing pilotless automatic robots controlled by computers with satellite navigation, intended for tillage, cultivation and harvesting agricultural products. In this case the agricultural plants will turn to field factories organized according to the principles of automated industrial enterprises. Thus, three present-day electrification problems can be solved: energy saving, reducing harmful gas ejection and automation of agricultural production process.

C. Cold plasma technique

The third application field for resonant single-conductor systems are plasma medical and technological facilities. They differ from conventional plasmatrons in having not two, but a single electrode, which is the beginning of a resonant single-conductor line, while the capacitance of any body or treated substance is used as a load. A new resonant coagulator developed at the VIESH (see Fig. 11) is used in medicine, in veterinary technique and in cosmetology [6]. Technological single-electrode plasmatrons can have pulsed power up to 10^{10} W and continuous power up to 20 MW. They can be used to eliminate weeds (instead of pesticides), to produce liquid biofuel from organic raw material, to manufacture and purify solar-grade silicon, to generate plasma in physical

experiments (for example, producing artificial ball lightning [15]).

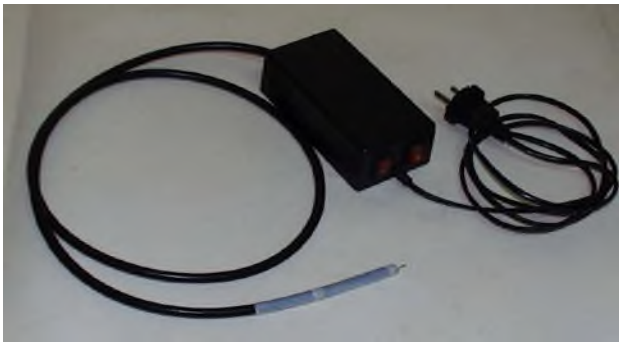


Fig. 11. Resonant cold-plasma coagulator developed by Cand.

D. Communication system.

The fourth application field for resonant systems is creating global and local information communicating systems using single-conductor lines. Many works by N. Tesla are devoted to this application. The first devices transmitting information signals has been developed by N. Tesla in 1899, they were patented in 1901. In 1943, the Supreme Court of the USA has recognized N. Tesla priority disputed by R. Marconi in long-distant transmission of electric signals.

Each single-conductor line has several resonant waves. Therefore, the single-conductor line (as well as a fiber-optic line) may be used to transmit simultaneous different information to several users. A specialized line screening technique allows to reduce the loss in signal amplitude and quality, when it is transmitted over a long distance. N. Tesla has proposed original methods for encoding the information and protecting it against unauthorized access. The information communicating systems and power transmission systems based on modern technologies are now key factors for the social development of the country and progress in the agricultural production.

N. Tesla was an ingenious scientist, who had foreseen the development of the electrotechnics and energetics for hundreds of years. He has produced a voltage of 100 million volts using simple facilities; he has transmitted electric power over tens kilometers, using the ground as the conducting medium; he has tested a boat controlled through the water medium; he has invented the asynchronous electromotor, the multiple-phase current and has made many other inventions [16]. N. Tesla was a brilliant designer of mechanical systems. Magnificent drawings of different mechanisms designed by N. Tesla are stored in Tesla museum in Belgrade. Some of his non-electric inventions are of interest till now: a combustion engine without a piston and a crankshaft, steam and hydraulic turbines without blades, and a mechanical analog for the electric diode (device allowing to a gas or fluid stream to flow in one direction only). In this valveless device, the hydraulic resistance values in the direct and reverse direction differ by factor of 300. Now we can fully repeat and develop Tesla resonant techniques in the field of electric power transmission using single-conductor lines and conducting mediums.

E. Wireless power transmission.

There is little information on N. Tesla works in the field of wireless power transmission methods. His last invention in this field “Device for electric power transmission” has been written in 1902, revised in 1907 and patented in 1914. At a session of the American Institute of Electric Engineers on May 18, 1917, N. Tesla received a reward named after T. Edison. His speech at the session contained the following statement:

“As to power transmission through the space, it is a project, which I consider absolutely successful for a long time. Years ago I could transmit power without wires to any distance without limitation, which was imposed by the physical dimensions of the Earth. In my system, the distance value is of no importance. The transmission efficiency can reach 96 or 97 per cents, and there are practically no loss, except for the component, which is inevitable for the device operation. If there is no receiver, there is no power consumption anywhere...”

When there is no receivers, the station consumes only a few horsepowers, which is necessary to maintain the electromagnetic oscillations; it is idling, like the Edison station, when the lamps and the motors are switched off...”

The high transmission efficiency may be easily explained, considering the standing waves in the conducting channel (see Fig. 6).

The journal “Time” wrote on July 23, 1934:

“Last week doctor Tesla announced a combination of four inventions, which would make the war absurd. The essence of his idea is connected with deadly rays: a concentrated beam of submicron

particles moving with a speed, close to the light speed. According to Tesla, the beam, will defeat the Army during flight, causing airplane squadrons to fall down at a distance of 250 miles (400 km). The inventor will launch the rays by using the following:

- device for reducing the particle delay in the atmosphere to zero;
- method for producing high potential;
- procedure for amplifying this potential up to 50 million volts;
- producing tremendous acting electric force”.

N. Tesla died on January 7, 1943 in hotel “New Yorker” in Manhattan, in the room 3327 on the 33-rd floor. Immediately after his death, his scientific works disappeared from the room; they were never found. A part of those materials contained an information on the techniques, which could be used for wireless power transmission. Methods for generating and amplifying high potential have been fully described by N. Tesla in [4].

Conclusions

1. It has been experimentally confirmed that in a single-wire high-frequency line there is a phase shift of 90° between standing waves of current and voltage. The current is reactive and capacitive in nature. There is no active current or direct current in the line. The frequency converters have an automatic tuning of the frequency to the resonance frequency in the line.

2. A single-conductor line of a copper conductor with a diameter of 80 μm at room temperature was used to transmit electric power of 20 kW at a voltage of 6.8 kV and a frequency of 3.4 kHz, with an effective line current density of 600 A/mm², and an effective density power 4MW/mm². In superconducting lines with a constant current at a temperature of 77°K, the current density is 500 A/mm². Low losses are associated with new physics of electromagnetic processes in a single-wire line.

3. The problem of electromagnetic emission from single-wire cable is solved by the fact that the cable is shielded and the screen consists of separate isolated sections; the length of each section of the screen is much smaller than the wavelength corresponding to the resonant frequency of electrical energy transmission. There is no loss of corona in an insulated screened cable. For electromobility, non-contact (non-trolley) transmission of electrical energy is used at a distance of 0.1–0.35 m from a single-wire line to an electric vehicle.

4. Taking into account the present-day level of the scientific knowledge and progress in electrotechnics, N. Tesla works on resonant methods for electric power transmission give new opportunities for the development of electroenergetics, electric technologies, electric transport and communications.

References

1. *Meinke, H., Gundles, F.* (1960). Single Conductor as a Waveguide System. Radio Engineering Handbook. Moscow–Leningrad: Gosenergoizdat, Vol.1, 117-123, 188, 191–194.
2. *Belotserkovskii, G. B.* (1968). Fundamentals of Radiotechnics and Antennas. Moscow. Radio.
3. *Kharchenko, K. P.* (2003). Short-Wave Horn Antennas without Visual Walls. Moscow: RadioSoft.
4. *Nikola Tesla.* (1978). Colorado Springs Notes 1899 – 1900, Published by Nolit. Belgrade.
5. *Tesla, N.* (1919). My Inventions. Electrical Experimenter, February, March, June and October. Published in book. Nikola Tesla. Selected works, Articles, Beograd, 56.
6. *Tesla, N.* (1956). Lectures. Patents. Articles. Published by N. Tesla Museum. Belgrad. 715.
7. *Nikola Tesla.* (2008). From Colorado to Long island: Research Notes – Colorado Springs 1899-1900 – New York. 1900-1901. Nikola Tesla Museum.
8. *Sarboň, S.* (2013). The unresolved patents of Nikola Tesla. The inventions that Tesla did not protect. Nikola Tesla Museum.
9. *Tesla, N.* (1999). The Problem of Increasing Human Energy. The Century Illustrated Monthly Magazine. June, 1900. Published in a book: Nikola Tesla. Selected works. Articles. Beograd, 133.
10. *Kalinin, E.B.* (1936). Investigation of Overvoltages in Electric Installations. Moscow, 65-66.
11. *Strebkov, D. S., Nekrasov, A. I.* (2018). Resonant Methods for Electric Power generation Transmission and application. The Sixth Edition. Moscow. 576.
12. *Tesla, N.* US Patent. № 614942. Electric Railway System. Patented February 20 1884.
13. *Strebkov, D. S., Nekrasov, A. I., Trubnikov, V. Z., Nekrasov, A. A.* (2018). Single-wire resonant electric power systems for renewable based electric grid. Handbook of Research on Renewable Energy and Electric Resources for Sustainable Rural Development. Pages: 535. 449-474.
14. *Rosenfeld, V. E., Staroselskii, N. A.* (1975). High-Frequency Noncontact Electrical Transport. Moscow: Transport.
15. *Corum, K. L., Corum, D. F.* (1990). Experiments on Producing Ball Lightning Using High-Frequency Discharge and Electrochemical Fractal Clusters. Progress in Physical Sciences, April 1990, Vol. 160, No. 4, 47-58.
16. *Tesla, N.* (1999). The Wonder World to be Created by Electricity. Manufactures. Record, Sept. 9. 1915. Published in a book: Nikola Tesla. Selected works. Articles. Beograd. 369, 377, 378.

Список літератури

1. *Meinke H., Gundles F.* Single Conductor as a Waveguide System. Radio Engineering Handbook. Moscow–Leningrad: Gosenergoizdat, 1960. Vol. 1, P. 117–123, 188, 191–194.
2. *Belotserkovskii G. B.* Fundamentals of Radiotechnics and Antennas. Moscow. Radio, 1968 p.
3. *Kharchenko K. P.* Short-Wave Horn Antennas without Visual Walls. Moscow: RadioSoft, 2003.
4. *Nikola Tesla.* Colorado Springs Notes 1899 – 1900, Published by Nolit. Belgrade, 1978.
5. *Tesla N.* My Inventions. Electrical Experimenter, February, March, June and October. 1919, Published in book. Nikola Tesla. Selected works, Articles, Beograd, p.56.
6. *Tesla N.* Lectures. Patents. Articles. Published by N. Tesla Museum. Beograd, 1956. 715 p.
7. *Nikola Tesla.* From Colorado to Long island: Research Notes – Colorado Springs 1899-1900 – New York. 1900-1901. Nikola Tesla Museum. 2008.
8. *Sarboň S.* The unresolved patents of Nikola Tesla. The inventions that Tesla did not protect. Nikola Tesla Museum. 2013.
9. *Tesla N.* The Problem of Increasing Human Energy. The Century Illustrated Monthly Magazine. June, 1900. Published in a book: Nikola Tesla. Selected works. Articles., Beograd, 1999. p. 133.
10. *Kalinin E. B.* Investigation of Overvoltages in Electric Installations. Moscow, 1936. p.p. 65–66.
11. *Strebkov D. S., Nekrasov A. I.* Resonant Methods for Electric Power generation Transmission and application. The Sixth Edition. Moscow. 2018, 576 p.
12. *Tesla N.* US Patent. № 614942. Electric Railway System. Patented February 20 1884.
13. *Strebkov D. S., Nekrasov A. I., Trubnikov V. Z., Nekrasov A. A.* Single-wire resonant electric power systems for renewable based electric grid. Handbook of Research on Renewable Energy and Electric Resources for Sustainable Rural Development. Pages: 535. 2018. pp.449-474.
14. *Rosenfeld V. E., Staroselskii N. A.* High-Frequency Noncontact Electrical Transport. Moscow: Transport, 1975.

15. *Corum K. L., Corum D. F.* Experiments on Producing Ball Lightning Using High-Frequency Discharge and Electrochemical Fractal Clusters. *Progress in Physical Sciences*, April 1990, Vol. 160, No. 4, P. 47–58.

16. *Tesla N.* The Wonder World to be Created by Electricity. *Manufactures Record*, Sept. 9. 1915. Published in a book: *Nicola Tesla. Selected works. Articles.* Beograd. 1999. P. 369, 377, 378.

РЕЗОНАНСНІ МЕТОДИ ПЕРЕДАЧІ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ТА ДОДАТКІВ

Д. С. Стребков, А. В. Некрасов, А. А. Некрасов

Анотація. Методи і апарати для резонансної системи передачі електричної енергії для стаціонарних споживачів та мобільних електротранспортних вважаються. Обґрунтування бездротової передачі електричної енергії з використанням каналів електропровідних створеним електронними пучками, лазерним і мікрохвильовим випромінюванням дається.

Було експериментально підтверджено, що в єдиному-проводі високочастотні лінії є зсув фаз на 90° між стоячих хвиль струму і напруги. Струму реактивної і ємнісний характер. Немає активного струму або постійного струму в лінії. Частотні перетворювачі мають автоматичну настройку частоти до частоти резонансу в лінії.

Проблема електромагнітного випромінювання від опіку-кабелю вирішується тим, що кабель екранований, а екран складається з окремих ізольованих секцій, довжина кожної секції екрану значно менше довжини хвилі, що відповідає резонансній частоті з передачі електричної енергії. Немає втрати Согопа в ізольований екранований кабель. Для електромобілів, безконтактне (без візка) передачі електричної енергії використовується на відстані 0,1–0,35 м від однопровідної лінії електричного автомобіля.

Представлена реалізація електротехніки, здійснюється на основі методу резонансу для різних електротехнологій об'єктів. Опис експериментальних зразків резонансної холодно-плазмовий коагулятор дається. Обговорюються результати досліджень експериментальних зразків резонансної системи передачі електроенергії.

Ключові слова: резонансні системи передачі електроенергії, резонансні високочастотні трансформатори Тесла, електропровідний канал, резонансний холодно-плазмовий коагулятор.

РЕЗОНАНСНЫЕ МЕТОДЫ ПЕРЕДАЧИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ И ПРИЛОЖЕНИЙ

Д. С. Стребков, А. И. Некрасов, А. А. Некрасов

Аннотация. Методы и аппараты для резонансной системы передачи электрической энергии для стационарных потребителей и мобильных электротранспортных считаются. Обоснование беспроводной передаче электрической энергии с использованием каналов электропроводящих

созданным электронными пучками, лазерным и микроволновым излучением дается.

Было экспериментально подтверждено, что в едином-провода высокочастотные линии имеется сдвиг фаз на 90° между стоячих волн тока и напряжения. Тока реактивной и емкостной характер. Нет активного тока или постоянного тока в линии. Частотные преобразователи имеют автоматическую настройку частоты к частоте резонанса в линии.

Проблема электромагнитного излучения от ожога-кабеля решается тем, что кабель экранирован, а экран состоит из отдельных изолированных секций, длина каждой секции экрана значительно меньше длины волны, соответствующей резонансной частоте по передаче электрической энергии. Нет потери Согопа в изолированный экранированный кабель. Для электромобилей, бесконтактное (без тележки) передачі електрической энергии используется на расстоянии 0,1–0,35 м от однопроводной линии электрического автомобиля.

Представлена реализация електротехніки, осуществляется на основе метода резонанса для различных електротехнологій об'єктів. Описание экспериментальных образцов резонансной холодно-плазменный коагулятор дается. Обсуждаются результаты исследований экспериментальных образцов резонансной системы передачи электроэнергии.

Ключевые слова: резонансные системы передачи электроэнергии, резонансный высокочастотный трансформатор Тесла, электропроводящий канал, резонансный холодно-плазменный коагулятор.

UDC 681.511.4:664.1

SPECIAL FEATURES OF GRAIN CROPS SPECTRAL ANALYSIS USING UAV

Lysenko V. P., Shvorov S. A., Pasichnyk N. A., Opryshko O. O., Komarchuk D. S., Hunchenko Yu. O.

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Ukraine.

Corresponding authors: automation_chair@nubip.edu.ua.

Article history: Received: March 2018. Received in the revised form: April 2018. Accepted: May 2018. Bibl. 20, fig. 4, tabl. 0.

Abstract. The monitoring of the agriculture fields vegetation state is a significant step in using of remote sensing for precision agriculture. No traditional airborne platforms like aircrafts and commercial satellites fit these uses because of their low resolution images. The problem can be solved by using UAVs.

In this article, UAV being equipped with visible spectrum camera was used to produce an image of the wheat field in tillering phase. Due to the high image resolution on photo image soil is also fixed as well as the plants. It will affect on the total spectral indicators of the planted area.

The aim of the study is to develop a methodology of distinguishing the wheat area from the soil area on photo images. Experiments were carried out within 40 – 100 m UAV's heights range for different states of soil – arable seedbed and dry dirt road. It has been established that it is important for arable land being mostly fixed for sowings and, accordingly, the adjustment of filters should be carried out for each height monitoring apartly.

While selecting optical range filtration canal to distinguish plants from the soil while being analyzed by separated pixels of image it would be appropriate to use green and blue canals.

Key words: UAV, stress indices, nitrogen, harvesting routes, NDVI, remote monitoring, agricultural crops, spectral index.

Introduction

The emergence of UAVs in crop growing practices gave a powerful instrument for agrarians to monitor the fields condition adding available satellite solution because they had less dependence on weather conditions and had lower cost of high resolution images.

Formulation of problem

The use of UAV has its own characteristic according to conditions of management, thus in EU countries the size of the fields in dozens of hectares allows you to limit the fixation of the problem by fixation of problematic plots of land for future research, i.e. the equipment is working in the indicator mode. In Ukraine, average field area covers hundreds hectares. It requires the use of

UAV's spectral equipment using the measuring mode because of limited time for making decisions about optimal quantity of fertilizers.

Acquisition of reproduced plants data while measuring spectral plants parameters is a difficult scientific and technical problem because it is necessary to take into account changes in lighting, the imaged soil in frame, etc.

Analysis of recent research results

The problem to take into account the changes in lighting was observed in many papers. For example, Mónica Herrero-Huerta et all (2014) [1] used artificial ground-based patterns, Jianfeng Zhou et all (2016) [2] applied an additional zenith sensor, Vitalii Lysenko et all (2017) [3] engaged a particular algorithm of survey for calibration.

The effect on the monitoring results from the available external field objects has not been properly studied. For example, in paper Jesper Rasmussen et all (2016) [4] it was shown the difference for the different heights data being received for object. The existence of such dependence has been experimentally proven in paper by Vitalii Lysenko et all (2016) [5]. Authors attributed this to the fixation of soil through the high resolution of the digital photo-camera. According to this, for row crops and sowings in their initial phases due to the high resolution of sensor equipment the imaged soil in the frame will effect on the received results That phenomenon should be taken into consideration while indices of stress are being created.

It should be noted that in Ukraine there are about 300 types and subtypes of soils, the spectral indicators amounts of which may significantly varied due to humidification and other factors. The decreasing of the influence of external field objects may be reached by using such filters which are realized in specific software Stantview to be elaborated for Stantrange's sensors but setup the filters is implemented in manual mode and it will depend on operator's experience and his level of skills [6]. The study of filter parameters setup to remove external objects from the frame became the aim of exploration.

Reviewing the image of the field being made vertically from the UAV platform it's possible to note that

there will be either the plants themselves or the soil with possible remains of organic matters from the previous year fixed in frame. The distinguishing of soil may be implemented using specialized hardware tools as well as spectral plants indicators or soil in near infrared spectrum (NIR) or using devices to analyze the object image.

To distinguish upper and lower plant's leaves with the help of hardware is possible with the help of advanced equipment – laser Identification Radar (LiDAR), which fix not only spectral indicators but also the distance to object in the form 3D model to allow to distinguish plants from soil without faulties. In papers by Jan U.H. et al (2014) в [7] they describe successful experiment to monitor nitrogen amount for wheat in tillering phase with the help of the mono-spectral LiDar Leica ScanStation2 with green colored laser (532 nm).

The same results were received in paper by Shouyang Liu et al (2017) [8] where the measuring laser was mounted on the tractor. For agrarian practice LiDAR was used to display water stress of plants by Xi Zhu (2015) et al ([9]), however, as it was showed in paper [7], proper reproducibility of results was obtained while radio frequency correction of lighting was with the help of the reflective panels which usage on a industrial scale is not appropriate. In paper by D. Hoffmeister (2016) ([10]) it was represented the multi Spectral LiDAR which lightning calibration may be sometimes possible while using the ratio of different canals by analogy with satellite solutions, however, at the modern stage of development the element base and power supplies the size and mass of equipment are unacceptable for using on UAV's platforms up to 10 kg. The additional restriction of this advanced technology is a possibility of uneven terrain to affect on the results too.

For satellites platforms most of spectral indicators use near infrared canal which is needed to create soil line to distinguishing a plant from soil at a distance of about few hundreds kilometers. In paper by Richardson, A.J. et al (1977) [11] there were defined specified spectral indicators for satellite platforms to minimize the soil influence like SAVI, TSAVI, MSAVI but these indicators are very sensitive to lighting changes and also to the errors because of the mixed soil matter.

In practice, more common index is NDVI. For example, in paper by Carlos de Souza et al (2017) [12] to identify maize rows on photo images with the help of UAV, this index was used with the additional filtration of pixels which differed from the average value by a certain percentage. In case of presence in a field a lot of additional objects like plant residues, such way for soil filtration may have the significant faulties in measuring. Reviewing the spectral sensor equipment structure, there were studies to distinguish either soil and plants or the optical range itself.

In paper by of J.Torres-Sánchez et al (2014) [13] while monitoring of wheat condition on its early stage of vegetation to distinguish plants from soil there were used a lot of different vegetation indices being based on the optical canals among which ExG and VEG were the best ones.. The ExG index was successfully used to identify the soil, harvest (sunflowers and corn) as well as weeds in paper by Maria Perez-Ortiz et al (2016) [14], however, the identification was based on boundary value, i.e being

adapted only for 2 objects. In reality, in photoshoot of field there may be much more objects like lighted or shaded soil which color components intensity may be higher or lower comparing with the value of plant.

Application solutions according to the frame filtration of pixels that do not belong to plants are being based on Object Based Image Analysis (further OBIA).

OBIA is one of the research directions of analyzing images and is mainly designed to distinguish or to segment images on meaningful objects by rate of their characteristics. In that case it's linked with other conceptions of analyzing images like segmentation images to be described in paper by Ghamisi et al (2012) [15] or the definition of superpixels or classes of pixels. The research about cluster pixels to identify plants is described in paper by of J. Senthilnath et al (2017) [16] where the possibility of effective plants identifying with using optical range is showed but the complexity of it's content for real objects multi-cluster system was noted.

An alternative to cluster analysis it may be analysis by each pixel apartly being proposed in the paper by T. Blaschke (2010) [17] and being improved in the paper by M.P´erez-Ortiz, et al (2015) [18] where were not only spectral indicated of pixels to be shown but it's location too. This approach requires much less computing resources and time to implement the analysis accordingly, that is definitely important during fertilization of plants in some definite stages of vegetation. In the exploration by Junfeng Gao et al (2018) [19] they were connecting the pixel and object-oriented analysis to monitor weed, but the specific feature of the object was sowing crop itself and cluster analysis was used exactly to determine cut not for other kinds of crops.

Purpose of research

According to analysis of literary sources it's possible to make a conclusion that it is possible to distinguish a plant from soil with the help of UAV with the use of pixel analysis within RGB colored space.

Results of research

The researches were conducted in the long-term stationary experiment by the Department of Agrochemistry and the Products of Crop Growing (GPS coordinates 50 deg 4' 30.00" N, 30 deg 13' 21.00" E). The studies were conducted with winter wheat, the vegetation phase – tillering. To explore the effect of different fertilizer there were chosen 2 ways of exploring exampling winter wheat without adding (0) and with normalized doze of mineral fertilizer to be recommended for such soil (1). To identify optic parameters of plants there were chosen adequate planted areas of field with different amount of fertilizers. For filters defining parameters there were the areas with arable land and road in air-dry condition taken apartly. As far as there are a lot of methods being based on using artificial optical patterns as separate object we observed the car's roof as a sample with homogeneous color and location directly near the field (Fig. 1).



Fig. 1. The experimental department’s photo with the designation of areas: where: 0 and 1 – parts with wheat sowing without and with the recommended doze of fertilizers accordingly; arable– arable seedbed; road – dirt road (air-dry condition); sample – artificial optical pattern.

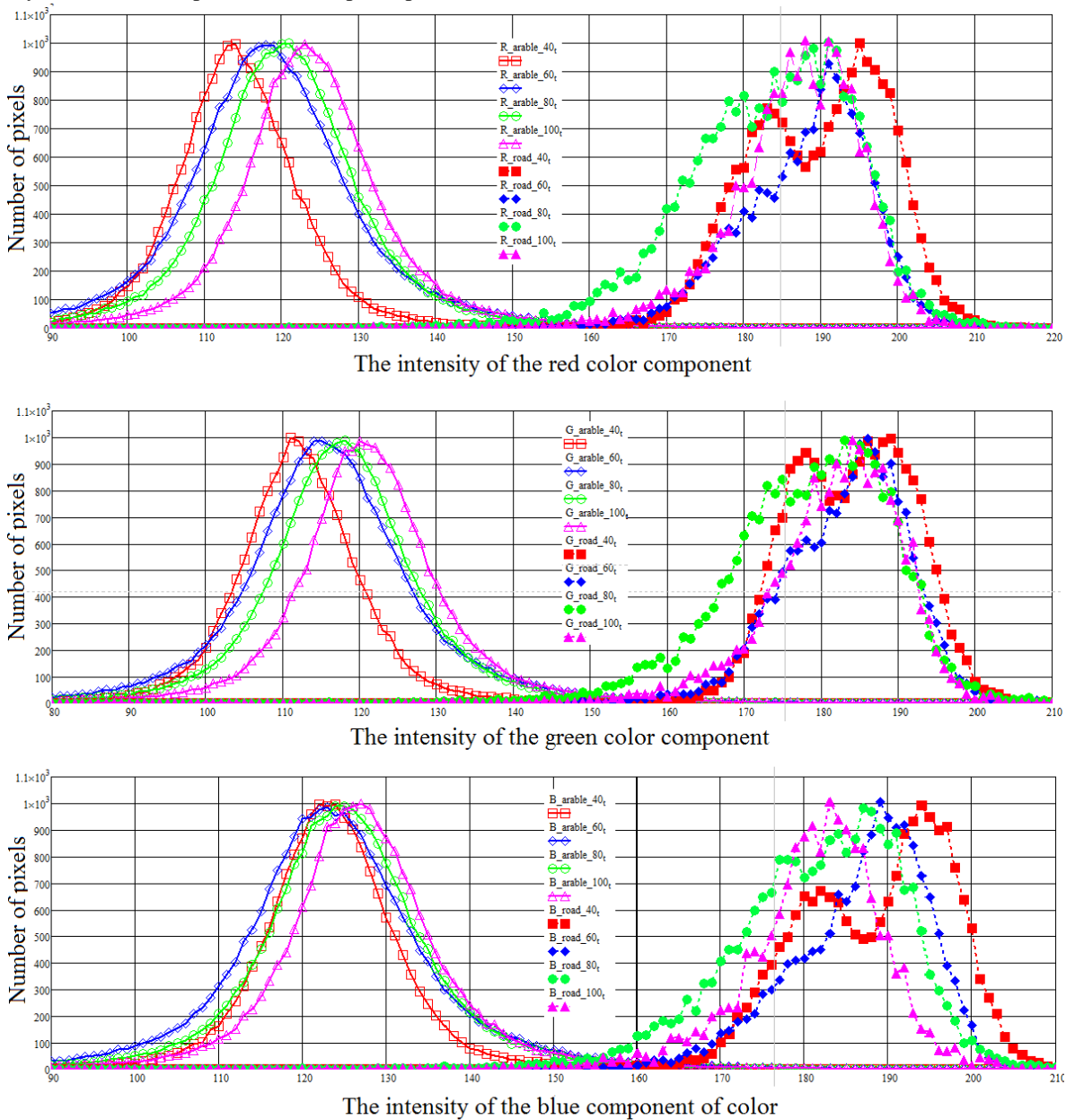


Fig. 2. The graph of dividing the number of pixels with the corresponding value of color components intensity for arable and soil road that are received from different altitude.

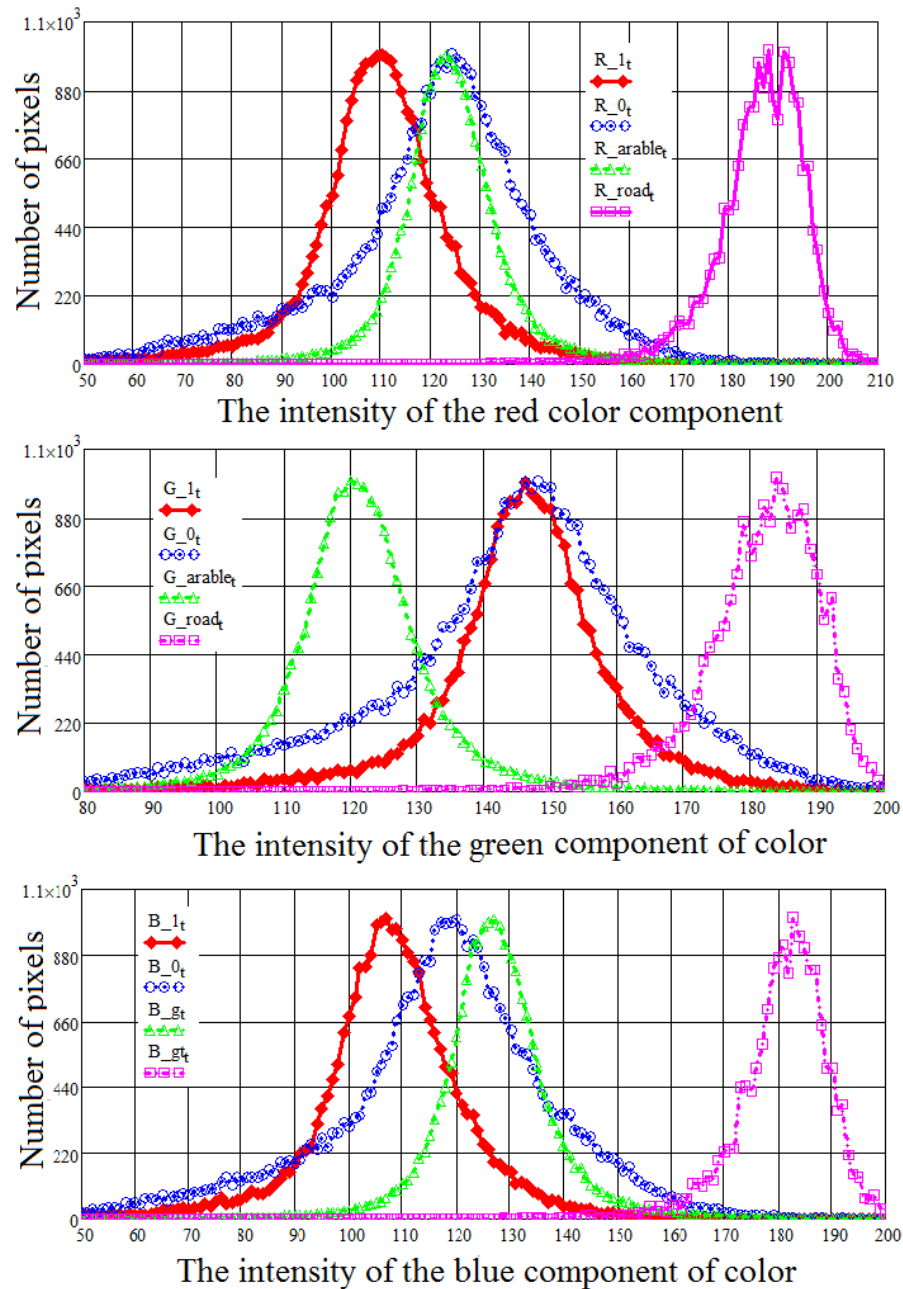


Fig. 3. Dividing the intensity of color components for soil and parts of wheat sowing.

UAV flight mode for adjusting of sensor equipment. The monitoring was implemented with the help of UAV DJI Phantom 3+. Camera Model - PHANTOM VISION FC200. Radio frequency calibration was made on a service-base data from exiiff file photoshoot in jpeg format about options of camera configuration basing the methods being described by I. Korobiichuk et al (2018) [20]. There were proposed adjusting parameters of digit camera during researches: Exposure Time – 1/701; Aperture Value – 2.8; Light Source - Fine Weather. Experiments were separately implemented at the altitude of 40, 60, 89 and 100 meters above the surface of field.

Software and applied algorithms. Mentioning that for monitoring there was format RGB sensor equipment used and all of the components of color were showed in single file, the MatchCAD (version 14.0.0.163) was chosen as program software being adapted for analyze colored images too. Output image where all imaged

objects were previously divided into separate experimental parts with the help of abilities of the Microsoft Picture Manager (14.0.4750.1000) application and each part calculated within program MathCAD aparty.

While filters parameters determining the division of pixel numbers for each component of soil color was calculated. In the same way the parts of artificial pattern were processed. Mentioning that the number of pixels for parts of image depends on the altitude, the additional coefficient was introduced and the maximum number of pixels for any values of the intensity for the components of color was predicted in the range of 1000 ± 30 .

To determine average value of color components intensity for parts with wheat sowings it was calculated the average value for pixels being determined as ones which are not the soil components. To compare received results for the proposed methodic at the same time the

computing with algorithm by I. Korobiichuk et al (2018) [20] was conducted for experimental parts with wheat sowings. According to such methods the average value of color components intensity was determined and after that the pixels which value were different from the average by 10 % were removed. Next step was recalculation average value.

The researches were conducted 12.04.2018 during the cloudless weather. During the researches with artificial pattern regardless of the height for all the components of color the results were in 253-255 range, i.e results matched all the borders of 8-bit color model formation. It meant that further use of them was impossible.

Fig. 2 shows us the graphs of dividing the number of pixels with the appropriate value of color components intensity for arable seedbed and dirt road being received from different altitude. Represented data shows that each of spectral canal has it's own specific feature. The smallest dependence on altitude for arable seedbed to be fixed on images of sowing, was found for blue component (maximum in 122-127range), for red and green components – maximum in 114-124 range and 112-120 range. For the road with pressed soil the maximum difference in color components intensity value was founded the blue component.

The configuration of filters were made with the result of correlation the value of color components intensity for researched examples of wheat sowing and parts of soil (Fig. 3).

According to the filter configuration parameters of the existence objects in frame that are not plants, different ranges for values of color components intensity were chosen. Based on the assumption that for both parts of land assignment of value of color components intensity well described by a curve of Gauss, as the range for filtration, took values for which the number of pixels is greater than a certain percentage. For arable to configure

the filter for 90% the ranges of filtration are R[120;126], G[117;124], B[123;130]. The results are showed on figure 4.

As the given data shows, for parts with normal dozen of fertilizer (1), starting with parameters of filter in 50%, red and blue canals of filtration gives almost the same results, for green canal the results are lower (<3%). For part without artificial fertilizer: green canal received less values. Computation according to method that are described in [20] for 0 and 1 parts were received the following values RGB [122; 145;118] and [109; 146;107]. Finally, parts with fertilizer were reproducible and for the results for the control part without fertilizers we had a significant difference, that was caused because of wet soil from arable land. Possible way of increasing the possibility of the results obtained in further research Is to take an account of parts that were identified as plants or soil. Also the perspective way is when filter by canal configures for definite range of values of color components intensity.

Conclusions

1. The thought of the expediency of filtering data by each pixel that are described in T.Blaschke [17] and M.P´erez-Ortiz [18], has been experimentally confirmed for monitoring with the use of UAV.

2. It's necessary to take into account the altitude when the filters are configured. For standard digital cameras of optical range (RGB color space), the smallest effect on flight altitude changes makes the blue channel.

3. The greatest reproducibility of the results under the different canals of filtration was obtained with red and blue canals, but they have low accuracy in wet soil and not a big sowings, due to that green canal could be more useful.

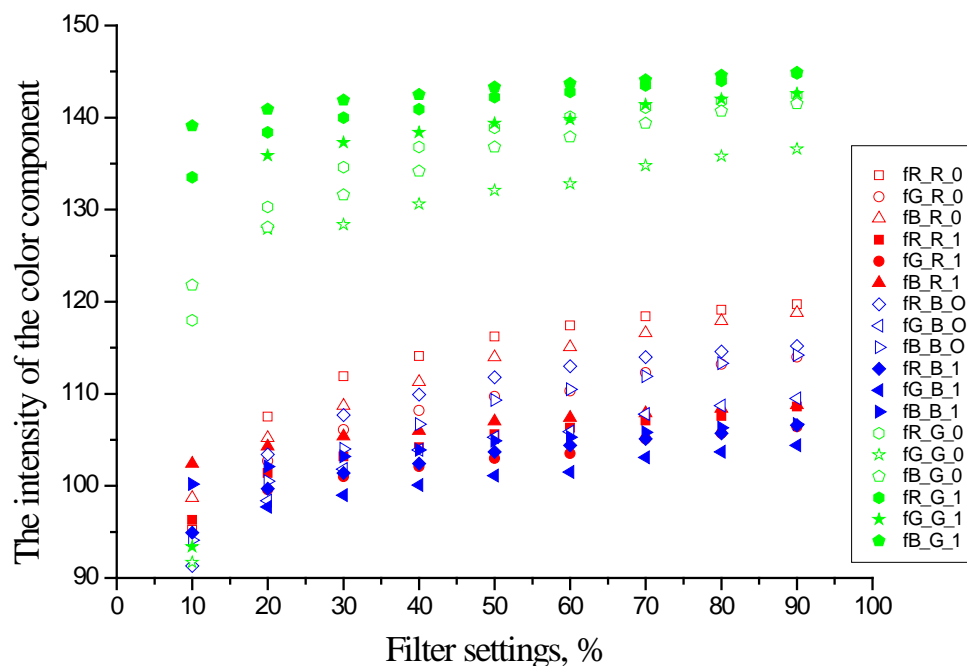


Fig. 4. Values of intensity of color components of wheat under the different values of configuration filter. Where: f(filtration canal)_(color components)_(plot).

References

1. *Mónica Herrero-Huerta, David Hernández-López, Pablo Rodríguez-Gonzálvez, Diego González-Aguilera, José González-Piqueras.* (2014). Vicarious radiometric calibration of a multispectral sensor from an aerial trike applied to precision agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*, Vol. 108. 28-38.
2. *Jianfeng Zhou, Lav R. Khot, Haiham Y. Bahlol, Rick Boydston, Phillip N. Miklas.* (2016). Evaluation of ground, proximal and aerial remote sensing technologies for crop stress monitoring IFAC-PapersOnLine. Vol. 49, № 16, 22-26.
3. *Vitalii Lysenko, Oleksiy Opryshko, Dmytro Komarchuk, Nadiia Pasichnyk, Nataliia Zaets, Alla Dudnyk.* (2017). Usage of Flying Robots for Monitoring Nitrogen in Wheat Crops The 9th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (21-23.09.2017), 30-34.
4. *Jesper Rasmussen, Georgios Ntakos, Jon Nielsen, Jesper Svendsgaard, Robert N. Poulsen, Svend Christensen.* (2016). Are vegetation indices derived from consumer-grade cameras mounted on UAVs sufficiently reliable for assessing experimental plots? *European Journal of Agronomy* Vol.74, 75-92 <http://dx.doi.org/10.1016/j.eja.2015.11.026>.
5. *V. Lysenko, O. Opryshko, D. Komarchuk, N. Pasichnyk.* (2016). Drones camera calibration for the leaf research. *Scientific herald of the National University of Bioresources and Nature Management of Ukraine. Series: Engineering and Power Engineering of Agroindustrial Complex* Vol. 252. 61-65. http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnau_tech_2016_25_10
6. *Gunchenko, Y. A., Shvorov, S. A., Rudnichenko, N. D., Boyko, V. D.* (2016). Methodical complex of accelerated training for operators of unmanned aerial vehicles. 2016 IEEE 4th International Conference Methods and Systems of Navigation and Motion Control, MSNMC 2016 – Proceedings. <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57193057973>.
7. *Jan U.H. Eitel, Troy S. Magneya, Lee A. Vierlinga, Tabitha T. Brown, David R. Huggins.* (2014). LiDAR based biomass and crop nitrogen estimates for rapid, non-destructive assessment of wheat nitrogen status. *Field Crops Research*. 159. 21-32.
8. *Shouyang Liu, Fred Baret Mariem Abichou, Fred Boudon, Samuel Thomas, Kaiguang Zhao, Christian Fournier, Bruno Andrieu, Kamran Irfan, Matthieu Hemmerlé, Benoit de Solan.* (2017). Estimating wheat green area index from ground-based LiDAR measurement using a 3D canopy structure model *Agricultural and Forest Meteorology*. Vol. 247. 12-20.
9. *Xi Zhu, Tiejun Wang, Roshanak Darvishzadeh, Andrew K. Skidmore, K. Olaf Niemann.* (2015). 3D leaf water content mapping using terrestrial laser scanner backscatter intensity with radiometric correction. *Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 110, 14-23.
10. *Hoffmeister, D.* (2016). Chapter 11: Laser Scanning Approaches for Crop Monitoring. *Comprehensive Analytical Chemistry, Volume 74*, 343-361.
11. *Richardson, A. J.; Wiegand, C. L.* (1977). Distinguishing vegetation from soil background information. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* Vol. 43. № 2. 1541-1552.
12. *Carlos de Souza, Rubens Lamparelli, Jansle Rocha, Paulo Magalhães.* (2017). Mapping skips in sugarcane fields using object-based analysis of unmanned aerial vehicle (UAV) images. *Computers and Electronics in Agriculture*. Vol. 143. 49-56.
13. *J. Torres-Sánchez, J.M. Peña, A.I. de Castro, F. López-Granados.* (2014). Multi-temporal mapping of the vegetation fraction in early-season wheat fields using images from UAV *Computers and Electronics in Agriculture*. Vol. 103. 104-113.
14. *María Pérez-Ortiz, José Manuel Peña, Pedro Antonio Gutiérrez, Jorge Torres-Sánchez, César Hervás-Martínez, Francisca López-Granados.* (2016). Selecting patterns and features for between- and within- crop-row weed mapping using UAV-imagery *Expert Systems with Applications*. Vol. 47. 85-94.
15. *Ghamisi, P., Couceiro, M. S., Benediktsson, J. A., Ferreira, N. M.* (2012). An efficient method for segmentation of images based on fractional calculus and natural selection. *Expert Systems with Applications*, 39, 12407-12417. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0957417412006756>. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.eswa.2012.04.078>.
16. *J. Senthilnath, Manasa Kandukuri, Akanksha Dokania, K.N. Ramesh.* (2017). Application of UAV imaging platform for vegetation analysis based on spectral-spatial methods. *Computers and Electronics in Agriculture*. Vol. 140. 8-24.
17. *Blaschke, T.* (2010). Object based image analysis for remote sensing. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, Vol. 65. 2-16.
18. *Pérez-Ortiz, M., Gutiérrez, P. A., Peña, J. M., Torres-Sánchez, J., Hervás-Martínez, C., & López-Granados, F.* (2015). An experimental comparison for the identification of weeds in sunflower crops via unmanned aerial vehicles and object-based analysis. *Advances in Computational Intelligence. Springer International Publishing* Vol. 9094 of *Lecture Notes in Computer Science*. 252-262.
19. *Junfeng Gao, Wenzhi Liao, David Nuytens, Peter Lootens, Jürgen Vangeyer, Aleksandra Pižurica, Yong He, Jan G. Pieters.* (2018). Fusion of pixel and object-based features for weed mapping using unmanned aerial vehicle imagery. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* Vol. 67, 43-53.
20. *I. Korobiichuk, V. Lysenko, O. Opryshko, D. Komarchuk, N. Pasichnyk, A. Jus.* (2018). Crop Monitoring for Nitrogen Nutrition Level by Digital Camera, *Automation 2018, AISC*, volume 743. 595-603. (https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-77179-3_56).

Список літератури

1. *Mónica Herrero-Huerta, David Hernández-López, Pablo Rodríguez-Gonzálvez, Diego González-Aguilera, José González-Piqueras.* Vicarious radiometric calibration of a multispectral sensor from an aerial trike

applied to precision agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2014. Vol. 108. P. 28–38.

2. *Jianfeng Zhou, Lav R. Khot, Haitham Y. Bahlol, Rick Boydston, Phillip N. Miklas*. Evaluation of ground, proximal and aerial remote sensing technologies for crop stress monitoring IFAC-PapersOnLine. 2016. Vol. 49, № 16, P. 22–26.

3. *Vitalii Lysenko, Oleksiy Opryshko, Dmytro Komarchuk, Nadiia Pasichnyk, Nataliia Zaets, Alla Dudnyk*. Usage of Flying Robots for Monitoring Nitrogen in Wheat Crops The 9th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (21-23.09.2017), 2017. P. 30–34.

4. *Jesper Rasmussen, Georgios Ntakos, Jon Nielsen, Jesper Svendsgaard, Robert N. Poulsen, Svend Christensen*. Are vegetation indices derived from consumer-grade cameras mounted on UAVs sufficiently reliable for assessing experimental plots? *European Journal of Agronomy*. Vol. 74, 2016. P. 75–92 <http://dx.doi.org/10.1016/j.eja.2015.11.026>.

5. *V. Lysenko, O. Opryshko, D. Komarchuk, N. Pasichnik*. Drones camera calibration for the leaf research. *Scientific herald of the National University of Bioresources and Nature Management of Ukraine. Series: Engineering and Power Engineering of Agroindustrial Complex*. Vol. 252. 2016. P. 61–65. http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnuu_tech_2016_25_10

6. *Gunchenko, Y. A., Shvorov, S. A., Rudnichenko, N. D., Boyko, V. D.* Methodical complex of accelerated training for operators of unmanned aerial vehicles. 2016 IEEE 4th International Conference Methods and Systems of Navigation and Motion Control, MSNMC 2016 – Proceedings. 2016. <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57193057973>.

7. *Jan U.H. Eitel, Troy S. Magneya, Lee A. Vierlinga, Tabitha T. Brown, David R. Huggins*. LiDAR based biomass and crop nitrogen estimates for rapid, non-destructive assessment of wheat nitrogen status. *Field Crops Research*. 2014. 159. P. 21–32.

8. *Shouyang Liu, Fred Baret Mariem Abichou, Fred Boudon, Samuel Thomas, Kaiguang Zhao, Christian Fournier, Bruno Andrieu, Kamran Irfan, Matthieu Hemmerlé, Benoit de Solan*. Estimating wheat green area index from ground-based LiDAR measurement using a 3D canopy structure model *Agricultural and Forest Meteorology*. 2017. Vol. 247. P. 12–20.

9. *Xi Zhu, Tiejun Wang, Roshanak Darvishzadeh, Andrew K. Skidmore, K. Olaf Niemann*. 3D leaf water content mapping using terrestrial laser scanner backscatter intensity with radiometric correction. *Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. 2015. 110, P. 14–23.

10. *Hoffmeister, D.* Chapter 11: Laser Scanning Approaches for Crop Monitoring. *Comprehensive Analytical Chemistry*, 2016. Volume 74, P. 343–361.

11. *Richardson, A. J.; Wiegand, C. L.* Distinguishing vegetation from soil background information. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. 1977. Vol. 43. № 2. P. 1541–1552.

12. *Carlos de Souza, Rubens Lamparelli, Jansle Rocha, Paulo Magalhães*. Mapping skips in sugarcane fields using object-based analysis of unmanned aerial

vehicle (UAV) images. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2017. Vol. 143. P. 49–56.

13. *J. Torres-Sánchez, J.M. Peña, A.I. de Castro, F. López-Granados*. Multi-temporal mapping of the vegetation fraction in early-season wheat fields using images from UAV *Computers and Electronics in Agriculture*. 2014. Vol. 103. P. 104–113.

14. *María Pérez-Ortiz, José Manuel Peña, Pedro Antonio Gutiérrez, Jorge Torres-Sánchez, César Hervás-Martínez, Francisca López-Granados*. Selecting patterns and features for between- and within- crop-row weed mapping using UAV-imagery *Expert Systems with Applications*. 2016. Vol. 47. P. 85–94.

15. *Ghamisi, P., Couceiro, M. S., Benediktsson, J. A., Ferreira, N. M.* An efficient method for segmentation of images based on fractional calculus and natural selection. *Expert Systems with Applications*, 2012. 39, P. 12407–12417. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0957417412006756>. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.eswa.2012.04.078>.

16. *J. Senthilnath, Manasa Kandukuri, Akanksha Dokania, K.N. Ramesh*. Application of UAV imaging platform for vegetation analysis based on spectral-spatial methods. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2017. Vol. 140. P. 8–24.

17. *Blaschke, T.* Object based image analysis for remote sensing. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 2010. Vol. 65. P. 2–16.

18. *Pérez-Ortiz, M., Gutiérrez, P. A., Peña, J. M., Torres-Sánchez, J., Hervás-Martínez, C., & López-Granados, F.* An experimental comparison for the identification of weeds in sunflower crops via unmanned aerial vehicles and object-based analysis. *Advances in Computational Intelligence*. Springer International Publishing. 2015. Vol. 9094 of Lecture Notes in Computer Science. P. 252–262.

19. *Junfeng Gao, Wenzhi Liao, David Nuytens, Peter Lootens, Jürgen Vangeyte, Aleksandra Pižurica, Yong He, Jan G. Pieters*. Fusion of pixel and object-based features for weed mapping using unmanned aerial vehicle imagery. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 2018. Vol. 67, P. 43–53.

20. *I. Korobiichuk, V. Lysenko, O. Opryshko, D. Komarchuk, N. Pasichnyk, A. Juš*. Crop Monitoring for Nitrogen Nutrition Level by Digital Camera, *Automation 2018, AISC*, 2018. volume 743. P. 595–603. (https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-77179-3_56).

ОСОБЛИВОСТІ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР СПЕКТРАЛЬНИЙ АНАЛІЗ З ВИКОРИСТАННЯМ БПЛА

*В. П. Лисенко, С. А. Шворов, Н. А. Пасічник,
О. О. Опришко, Д. С. Комарчук, Ю. О. Гунченко*

Анотація. Моніторинг сільськогосподарських полів стану рослинності є важливим кроком у використанні дистанційного зондування Землі для завдань точного землеробства. Немає традиційних бортових платформ, таких як літаки і комерційних супутників підходять ці використовуються з-за їх

низької роздільної здатності. Проблема може бути вирішена за допомогою БПЛА.

У цій статті, БПЛА оснащуються камера видимого діапазону спектру була використана для того щоб зробити зображення поля пшениці у фазу кушення. Завдяки високій роздільній здатності зображення на фотографії ґрунту, а також а також рослин. Це вплине на загальне спектральних показників посівних площ.

Мета дослідження полягає в розробці методології розмежування площі пшениці з площі ґрунту на фотографії. Експерименти проводилися в 40 – висоти 100 м БПЛА діапазон для різних станів ґрунту – орної ґрунтом і сухій ґрунтовій дорозі. Було встановлено, що важливо для F ріллі, в основному, фіксовані для посівів і, відповідно, коригування фільтрів повинна проводитися для кожного моніторингу висота apartly.

При виборі оптичної фільтрації діапазону канал, щоб відрізнити рослини з ґрунту, аналізується відділений пікселі зображення доцільно використовувати зелений і синій канали.

Ключові слова: БПЛА, стрес-індекси, азот, маршрути прибирання, індекс NDVI, дистанційний контроль, сільськогосподарська культура, спектральний індекс.

контроль, сельскохозяйственная культура, спектральный индекс.

ОСОБЕННОСТИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БПЛА

*В. Ф. Лысенко, С. А. Шворов, Н. А. Пасичник,
А. А. Опрышко, Д. С. Комарчук, Ю. А. Гунченко*

Аннотация. Мониторинг сельскохозяйственных полей состояния растительности является важным шагом в использовании дистанционного зондирования Земли для задач точного земледелия. Нет традиционных бортовых платформ, таких как самолеты и коммерческих спутников подходят эти используются из-за их низкого разрешения. Проблема может быть решена с помощью БПЛА.

В этой статье, БПЛА оснащаются камера видимого диапазона спектра была использована для того чтобы произвести изображение поля пшеницы в фазу кушения. Благодаря высокому разрешению изображения на фотографии почвы, а также а также растений. Это повлияет на общее спектральных показателей посевных площадей.

Цель исследования заключается в разработке методологии разграничения площади пшеницы с площади почвы на фотографии. Эксперименты проводились в 40 – высоты 100 м БПЛА диапазон для различных состояний ґрунта – пахотной почвой и сухой ґрунтовой дороге. Было установлено, что важно для F пашни, в основном, фиксированные для посевов и, соответственно, корректировка фильтров должна проводиться для каждого монитингу высота apartly. При выборе оптической фильтрации диапазона канал, чтобы отличать растения из почвы, анализируется отделен пиксели изображения целесообразно использовать зеленый и синий каналы.

Ключевые слова: БПЛА, стресс-индексы, азот, маршруты уборки, индекс NDVI, дистанционный

UDC 631.354.2:633.85

REDUCING SEED LOSSES AND FUEL CONSUMPTION IN RAPESEED HARVEST

Špokas L.¹, Smolinskiy S. V.², Žebrauskas G.¹, Čiplienė A.¹

¹Aleksandras Stulginskis University, Lithuania.

²National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Ukraine.

Corresponding authors: staned@ukr.net.

Article history: Received: March 2018. Received in the revised form: April 2018. Accepted: May 2018.

Bibl. 16, fig. 5, tabl. 2.

Abstract. Rapeseed harvesting starts in the Baltics as soon as seed moisture content decreases to 12%. While the variation in seed moisture content is not affected by short-term precipitation, prolonged precipitation leads to ca. 2% increase in the moisture content. 0.2 m high stubble of winter rapeseed accounts for the share of 49.87% in the total stem mass. Its moisture content is 10.39% higher than of the remaining share of the stem mass. Increase of the stubble height to 0.3 m leads to 15.52% reduction in the stem mass fed into a combine harvester, and 1.79% reduction in moisture content of the stem mass. In this case, fuel consumption per hectare of harvested rapeseed is lower by 2.74 l, and per ton of threshed seeds – by 0.27 l. Relationship between the rate of rapeseed feed into a combine harvester, shatter loss from straw separation and chaff cleaning, and fuel consumption per ton of threshed seeds has been found. The rate limit of rapeseed feed into the combine harvester is reached, when fuel consumption per ton of threshed seeds has stopped reducing, but shatter loss from straw separation and chaff cleaning is still within the tolerable range. In the case of winter rapeseed harvesting under processing conditions, fuel consumption per ton of threshed seeds ranged from 2.5 to 6.5 l, while in the case of rational rate of rapeseed feed into the combine harvester, fuel consumption per ton of threshed seeds reached 2.93 ± 0.23 l.

Key words: combine harvesters, rapeseed, fuel consumption, grain loss, throughput.

Introduction

Rapeseed oil is used in food industry, biofuel, rapeseed cake – for production of compound feed, and straw – for production of solid fuel. In Europe winter rapeseed varieties [1] are preferred to summer varieties due to higher yield of the former. In Lithuania, winter rapeseed areas account for the share of 80.5% of the entire rapeseed crop area [2]. Winter rapeseed yield is 1.7 times higher compared to summer rapeseed.

Winter rapeseed crops are harvested during the third ten-day period of July, while summer rapeseed harvesting takes place at the end of August, when average moisture content of seeds is ca. 12% [3]. Natural factors may lead to shatter losses of up to 2.5 %, whereas delay of reaping

may result in as high as 6.8 % shatter loss [4]. Natural shatter losses are affected by genetic properties of the rapeseed [5, 6], short-term heavy precipitation and strong wind [7]. Shatter loss may be reduced biologically and chemically by speeding up the process of rapeseed maturation or delaying the dehiscence of siliquae.

Formulation of problem

Moisture content of stems during the rational rapeseed harvesting period reaches 75–85 % and reduces slowly. Stem branches are usually covered with abundant foliage. Shatter loss from combine harvesting may account for up to 11 %, natural shatter loss – 3% [8].

Maturation of siliquae varies depending on their location on the rapeseed stems: higher location determines earlier maturation, while siliquae located lower are prone to delayed maturation. Dehiscence of siliquae occurs naturally and their seeds fall on the soil before all siliquae become mature [4]. The crops are sprayed with Pinolen solution to reduce the natural shatter loss [9]. Siliquae are coated by the light film of viscous solution that prevents them from opening. Natural shatter loss of the rapeseed crops sprayed with Agrovital solution was 7 %, compared to 26% of the shatter loss in case of unsprayed crops [10]. In the cases of very unfavourable conditions during rapeseed harvesting, shatter loss from harvesting the rapeseed sprayed with Pinolen solution was 11 times as low as for the unsprayed rapeseed [11].

Analysis of recent research results

Combine harvester throughput and performance during rapeseed harvesting largely depend on the moisture content of rapeseed, rate of the mass fed into the combine harvester and composition of the mass [12, 13]. Values of diameter, moisture content and mass increase the closer to the soil, compared to the values at the top branches [14]. As long as the rapeseed has not flattened, it may be harvested by leaving higher stubble. Combine harvester throughput has been determined to increase by 1.5–2 %, and fuel consumption – to decrease by 1.5 % with each 10 mm added to the crop stubble height [15, 16]. On the other hand, the rapeseed is more humid in

the morning and evening, leading to smaller running speeds of combine harvesters and resulting in higher fuel consumption per ton of threshed seeds. Pattern of variation of fuel consumption during rapeseed harvesting in the course of the day in different years has not been determined yet. Biometric indicators of winter and summer rapeseed are different, and their effect on the performance indicators of combine harvesters and fuel consumption has not been revealed yet.

Purpose of research

The aim of the study is to validate rational means for reduction of shatter loss from combine harvesting of rapeseed and fuel consumption.

Results of research

Biometric indicators: For the purpose of identification of the biometric parameters, the number of plants and number of siliquae of each plant, the height of stems, distance from the soil to the first branch were determined in plots of 0.25 m² in five replicates sampled randomly on production fields of farms before rapeseed harvest (*BBCH88*). Siliquae picking from different locations of the site was repeated three times with 50 siliquae picked each time. Length of each siliquae, number of seeds per siliquae, seed weight and the mass of 1000 seeds were determined at the laboratory. Stems of rapeseed were taken from five replicates of 0.25 m² to determine the biological rapeseed yield. The stems were then transferred into individual waterproof bags of large volume. Each sample was hand-threshed at the laboratory. Clean seeds, chaff, stems, and 0.2 and 0.3 m high stubble were weighted individually. Samples of rapeseed stems, stubble and seeds were taken to determine the moisture content. Samples were subjected to drying at 105 °C to the steady moisture content condition. Biological yield of the rapeseed and share of stubble in the straw mass were calculated. Average data were calculated. The mass of all sample seeds was calculated at 9% moisture content.

- Natural shatter loss. Variation in moisture content and natural shattering of seeds of winter rapeseed variety Sunday was observed at the Experimental Station of Aleksandras Stulginskis University. On 30 July, seven 1.5 x 0.05 m troughs were placed on the site of the rapeseed crops. The inner surface of the troughs was coated with waterproof and cloth of low elasticity. The troughs were checked for shattered seeds on the daily basis at 2 p.m.; seeds found in each trough were counted, put into bowls and weighted at the laboratory. Siliquae were picked in a separate part of the site along the stems of the rape, hand-threshed, and five samples of seeds were taken to determine the moisture content. Average moisture content of seeds and shatter losses of seeds of 9% moisture content in kg ha⁻¹ were calculated on the daily basis.

- Variation of moisture content and weight along the stems. Rapeseed was cut near the soil at the monitoring site of the five plots of 0.25 m². Each sample was subjected to individual threshing. The stems were cut into

100 mm long pieces. Each length class of the pieces was weighted. The pieces were then cut into smaller pieces of up to 10 mm in length, and five samples were taken to determine their moisture content. Moisture content of each length class of stems and their share in the total mass of stems were calculated.

- Shatter loss from rapeseed straw separation and chaff cleaning. Determination of the loss was carried out at the production fields of farms during rapeseed harvesting by combine harvesters of different designs. For this purpose, 0.0213 m² bowls having the shape of a cut cone were used. Rapeseed samples to determine the biometric indicators were taken from five 0.25 m² plots of 100 m long field section of unflattened crops of uniform density and maturity.

The researchers communicated with the supervisor of research programme sitting in the cabin of the combine harvester via RC during the operations. Two bowls were placed under the combine harvester moving at the programme speed and distributing the shredded straw, one – next to the driving wheel, other bowls – at the distances of one meter from the wheel (width *b* of the stretch of the distributed cut straw had to be taken into account). Afterwards, rapeseeds in the bowls were calculated. Moisture of the seeds was measured using Pfeuffer HE lite moisture meter (accuracy of readings – 0.1%). Shatter loss from rapeseed straw separation and chaff cleaning was calculated in kg ha⁻¹ as follows:

$$N = \frac{aAb}{2,13B},$$

where *a* – average number of seeds per bowl, pcs., *A* – mass of 1000 seeds, g; *B* – cutting table width of the combine harvester, m; *b* – width of the stretch of the distributed cut straw, m.

The mass of 1000 seeds distributed into ten samples (100 seeds each) was determined under field conditions using Kern CM320 scales. The mass ranged from 3.7±0.13 to 4.8±0.035 g.

Where the seeds in the bowls were weighted under field conditions using the scales (*Kern CM320*), shatter loss was calculated in kg ha⁻¹ as follows:

$$N = \frac{469,5a_1b}{B},$$

where *a*₁ – average mass of seeds in the bowls, g.

- Combine harvester throughput. Distance made by the combine harvester and its fuel consumption were registered at the beginning of the operations. Filling time of each hopper, distance made by the combine harvester, seed yield, and moisture content were registered during the operations. Moreover, seed discharging time of each hopper was measured under the conditions of standstill and running combine harvester. Seeds of each hopper were weighted at the warehouse. Where a combine harvester was not equipped with any seed moisture content and yield meter, moisture content was determined using a portable moisture meter, while average yield was calculated according to biometric indicators of the harvested crops.

Combine harvester throughput during the process time (ha h⁻¹) was calculated as follows:

$$W = 0,1BvT,$$

where: B – cutting table width, m; v – combine harvester running speed, km h⁻¹; T – operating time, h.

Combine harvester throughput during the process time (t h⁻¹) was calculated as follows:

$$W_1 = \frac{3600 G}{T_1},$$

where: G – hopper grain mass, t; T_1 – hopper filling time, s.

- Fuel consumption. Fuel consumption by combine harvester C was measured in 1 h⁻¹ using AIC-888 Instructor device produced by the Swiss company Automotive Information and Control Systems AG. Verification of the device was in compliance with Euro-Norm 95/54/CE. Measurement tolerance: ±1%. Fuel consumption by combine harvester E was measured in 1 h⁻¹ using the manufacturer's device. Real-time fuel consumption readings were shown on the computer display. Average fuel consumption per ton of threshed seeds and hectare of harvested rapeseed was calculated based on the values of filling time of each hopper, seed mass and fuel consumption measured at factory conditions. The obtained data were more accurate, where harvesting of each rapeseed variety was monitored individually from early morning to late evening for several days.

- Statistical analysis. The experiments of rapeseed shattering were carried out in 7 replicates, whereas others – in 3 replicates. One-way analysis of variance (*ANOVA*) was performed with MS Excel to analyse the data. Significant difference ($p < 0.05$) between treated and non-treated rapeseed was determined with Fisher's LSD range test.

- Grain combine harvesters. Throughput, shatter loss from straw separation and chaff cleaning, fuel consumption were measured for winter and summer rapeseed harvesting by combine harvesters with straw walkers A and C , hybrid combine harvester D and

combine harvester with two axial threshing-separation cylinders E .

Combine harvesters A and C are of average, while D and E are of high throughput. The main threshing cylinder in combine harvesters A , C and D is preceded by a cylinder of 0.45 m in diameter that accelerates the throughput speed of the inclined conveyor from 5 to 15 m s⁻¹. As a result, thinner layer of mass is fed into the threshing unit. Harvesting of winter rapeseed was carried out in different years in July and August. Biometric indicators and variation of moisture content along the length of stems were measured at the laboratory, while combine harvester throughput, shatter loss and fuel consumption – during rapeseed harvesting.

1. Weather condition. Starting time of winter rapeseed harvesting is largely affected by weather conditions of July. There were 16 rainy days in July and 11 rainy days in August on average leading to > 0.5 mm precipitation.

2. Biometric indicators of rape Operating speed and performance indicators of a combine harvester are determined by the rate of rapeseed feed and its composition. It was determined that the density of different varieties of winter rapeseed crops were within the data distribution range (Table 2). The height of stubble during rapeseed harvesting is limited by the distance from the soil surface to the first branch. Unflattened winter rapeseed may be cut by leaving the stubble of ca. 0.3 m in height.

2. Starting time and period of rapeseed harvesting. Rapeseed cutting starts after decrease of seed moisture content down to 12% (Fig. 1). Where weather conditions are favourable for rapeseed maturation, seed moisture content decreases down to 8.5% within three days, in which case desiccation is not required.

Table 1. The key technical data of combine harvesters.

Indices	Measuring units	Combine harvester			
		A	C	D	E
Header width	m	6	6	9.1	7.3
Cylinder (rotor) diameter	m	0.45	0.6	0.6	0.559
Cylinder (rotor) length	m	1.58	1.7	1.7	2x2.638
Total separation area of concaves	m ²	1.32	1.73	1.73	3.06
Total separation area of sieves	m ²	5.65	5.8	6.2	6.5
Grain tank capacity	l	9000	8100	12000	10500
Engine power	kW	220	203	368	360

Table 2. Biometric indicators of winter and spring rapeseed.

Index	Measurement unit	Winter rape		
		Catalina	Sunday	Remy
Crop Density	(st. m ²)	43.20±4.91	45.3±2.8	45.2±6,11
Height of plants	(m)	1.27±0.05	1.24±0.05	1.29±0.04
Distance from soil surface to first branch of plant	(m)	0.47±0.11	0.41±0.07	0.25±0.06
Stubble mass (250 mm) share in total stem mass	(%)	44.96±6.27	56.15±2.14	34.05±0.6
Length of siliquae	(mm)	72±3.40	61.73±0.79	72.03±1,71
Number of seeds within siliquae	(units)	26.5±2.1	25.35±1.23	27.4±0.73
Weight of seeds within siliquae (9%)*	(g)	0.105±0.01	0.114±0.01	0.121±0,01
Weight of 1000 seeds (9%)*	(g)	3.7±0.13	4.8±0.035	4.74±0.03
Biological yield (9%)*	(t ha ⁻¹)	2.74±0.77	5.25±0.44	3.41±0.39

*Seed moisture content

Dry rapeseeds react to variations of ambient atmospheric conditions. Although no precipitation was registered on 5 August, moisture content of seeds increased by ca. 1 % within two days due to increase of relative humidity of ambient air by 10 %. Mature rapeseed must be cut within three days, or harvesting may continue to the first heavier rain (> 3 mm). Light precipitation (0.1 mm) did not affect variation in seed moisture content (11 August).

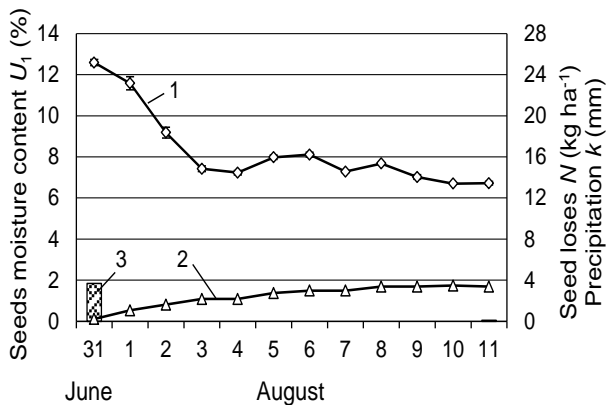


Fig. 1. The dynamics of seed moisture content (U_1) and total shatter losses (N) of winter rapeseed variety Sunday for particular days of July and August, 2009: 1 – seed moisture content, in %; 2 – total shatter losses, in kg ha^{-1} ; 3 – precipitation.

4. Stubble height. In case of harvesting of fully flattened rape, 0.1 m of stubble is left, while in case of unflattened rapeseed, the stubble height is 0.2 to 0.3 m.

During harvesting of rapeseed variety Catalina, seed moisture content reached 9.21%, while moisture content of the total stem mass was as high as 75.33%. The share of stubble (0.2 m in height) was $39.42 \pm 2.56\%$ of the total stem mass, moisture content of the stubble reached $82.33 \pm 0.68\%$, while moisture content of the mass fed into combine harvester was as high as $71.96 \pm 1.78\%$. After the stubble height had been increased to 0.3 m, $11.86 \pm 0.82\%$ less stem mass was fed into the combine harvester, and its moisture content was lower by 1.18 %.

Stubble (0.2 m) of winter rapeseed variety Sunday accounted for the share of $47.3 \pm 1.59\%$ in the total stem mass, where seed moisture content reached 17.25, while the average moisture content of stems was 80.43%. The higher the moisture content of harvested rapeseed, the larger the share of stubble mass in the total mass. After the stubble height had been increased to 0.3 m, $13.61 \pm 0.61\%$ less stem mass was fed into the combine harvester, and its moisture content was lower by ca. 2.44 % points.

In general, taking into account the dynamics of mass of different winter rapeseed varieties in 2009–2012 at the specific length of stems (0.6 m), close relationship between stubble height h and its mass m_1 has been determined:

$$m_1 = 107.23h^2 - 98.55h + 33.45, R^2 = 0.97.$$

Variation in the moisture content along the rapeseed stems is poor. Linear dependency between stubble height h and its moisture content U_2 has been determined:

$$U_2 = -17.97h + 85.13, R^2 = 0.99.$$

5. Shatter loss from rapeseed harvesting. During harvesting by combine harvesters, seeds fall out of active side dividers of the cutting table, reels that have been lowered excessively or are subject to excessively fast rotation. An operator of the combine harvester may reduce the shatter loss from rapeseed harvesting by changing the reel position, the ratio between their rotation speed and running speed of the combine harvester. In case of irrational rapeseed feed into the combine harvester, straw walkers or rotary straw separators and cleaning sieves fail to separate all seeds from the chaff. Combine harvesters still lack a reliable meter of shatter loss from straw separation and chaff cleaning. As a result, shatter loss from straw separation and chaff cleaning is determined manually, with subsequent adjustment of computer readings.

The effect of the rate of winter rapeseed feed into combine harvester *A* of average throughput on the shatter loss from straw separation and chaff cleaning has been analysed (Fig. 2). The lowest number of seeds that had dropped on the soil together with straw and chaff was registered during rational feed rate of rapeseed into the combine harvester.

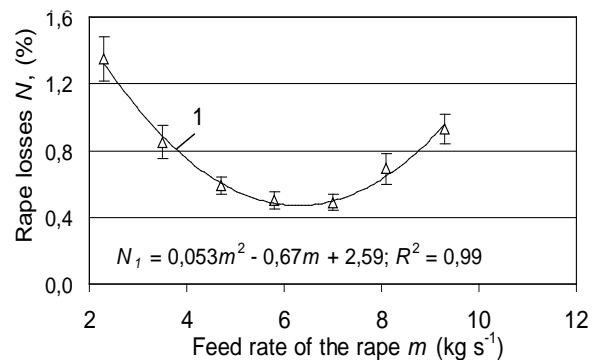


Fig. 2. The effect of the rate of rapeseed feed into combine harvester *A* on shatter loss from straw separation and chaff cleaning: 1 – winter rapeseed Catalina: rotation speed of the threshing cylinder $n_b=740 \text{ min}^{-1}$, rotation speed of the ventilator $n_v=750 \text{ min}^{-1}$, clearance between the cylinder and sub-cylinder $a=20\text{--}121 \text{ mm}$, clearances between sieve scale in the upper sieve $b_1=6 \text{ mm}$, in the bottom sieve – $b_2=2 \text{ mm}$, stubble height $h=0.3 \text{ m}$, seed yield $A_g=2.84 \text{ t ha}^{-1}$, seed moisture content $U_1=9,21\%$, stem moisture content – $U_2=71,96 \%$.

In case of harvesting of moist winter rapeseed Remy ($U_1=14.16\%$) by hybrid combine harvester *D* (Fig. 3) of high throughput, and dry rapeseed Casino ($U_1=8,8\%$) by combine harvester with two axial threshing-separation cylinders *E*, the lowest shatter loss from straw separation and chaff cleaning was determined to be within the tolerance limit of 1 %, when rational feed rate of rapeseed into combine harvester *D* was 7.58, and in combine harvester *E* – 12.6 kg s^{-1} . The difference was due to design properties of the combine harvesters and differences in rapeseed moisture content. Shatter loss tended to increase upon reduction or further increase of the rate of rapeseed feed into the combine harvesters. Shatter loss had to be measured manually more frequently at the beginning of rapeseed harvesting in order to

validate the rational combine harvester running speed, i.e. the rate of rapeseed feed.

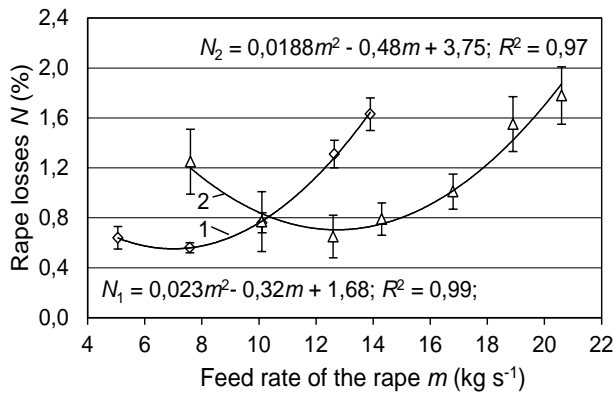


Fig. 3. The effect of the rate of rapeseed feed into the combine harvester on shatter losses from straw separation and chaff cleaning: 1 – combine harvester *D*, winter rapeseed Remy, $n_b=560 \text{ min}^{-1}$, $n_v=800 \text{ min}^{-1}$, $a=18 \text{ mm}$, $b_1=12 \text{ mm}$, $b_2=5 \text{ mm}$, $A_g=3.2 \text{ t ha}^{-1}$, $U_1=14.16\%$, $U_2=60.61\%$; 2 – combine harvester *E*, winter rapeseed Casino, $n_b=650 \text{ min}^{-1}$, $n_v=500 \text{ min}^{-1}$, $a=23 \text{ mm}$, $b_1=6 \text{ mm}$, $b_2=3 \text{ mm}$, $h=0.3 \text{ m}$, $A_g=3.2 \text{ t ha}^{-1}$, $U_1=8.8\%$, $U_2=47.70\%$.

It has been determined based on research results that, in general, rational rate of rapeseed feed into a combine harvester depends on combine harvester throughput, biometric indicators of rapeseed, and stubble height. In the case of rapeseed harvesting using part of the width of the cutting table or at varying stubble height, running speed of the combine harvester must be adjusted as well in order to maintain the same rational rate of rape feed. The combine harvester should be equipped with an automatic control system that changes process parameters of the threshing unit, straw separator, and cleaner.

6. Fuel consumption and combine harvester throughput. As the combine harvester is cutting the rapeseed and increasing the stubble height (Fig. 4), the mass is fed into the combine harvester at lower rate, leading to less fuel consumed for threshing of one ton of seeds. The reduction in fuel consumption is slightly slower in case of higher stubble due to uneven variation of mass and moisture content along the stems. Where unflattened winter rapeseed was harvested, the most rational height of the stubble was 0.3 m.

It has been determined (Fig. 5) that, with the increase of the rate of winter rapeseed feed into the combine harvester to 12 kg s^{-1} , fuel consumption per ton of threshed seeds saw reliable reduction. Where the rate of rapeseed feed into the combine harvester was exceeded, fuel consumption did not drop and ranged within the tolerance limits. There is certain relationship between rational rate of rapeseed feed, shatter loss and fuel consumption per ton of threshed seeds. Computer of the combine harvester fails to show reliable data on the dynamics of shatter loss; therefore, its automatic speed control should be linked to the engine load and fuel consumption per ton of threshed seeds.

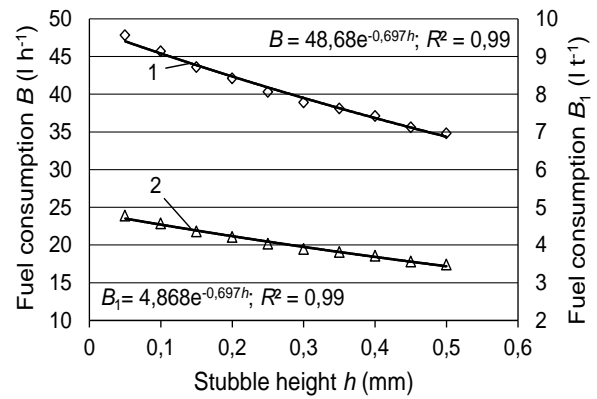


Fig. 4. The effect of the stubble height of winter rapeseed Sunday on fuel consumption per hour (B) and ton of threshed seeds (B_1) by the engine of combine harvester *C*: $n_b=600 \text{ min}^{-1}$, $n_v=930 \text{ min}^{-1}$, $a=18 \text{ mm}$, $b_1=9 \text{ mm}$, $b_2=5 \text{ mm}$, $A_g=2.3 \text{ t ha}^{-1}$, $U_1=11.2\%$, $v=6 \text{ km h}^{-1}$; 1 – hourly fuel consumption; 2 – fuel consumption per ton of threshed seeds.

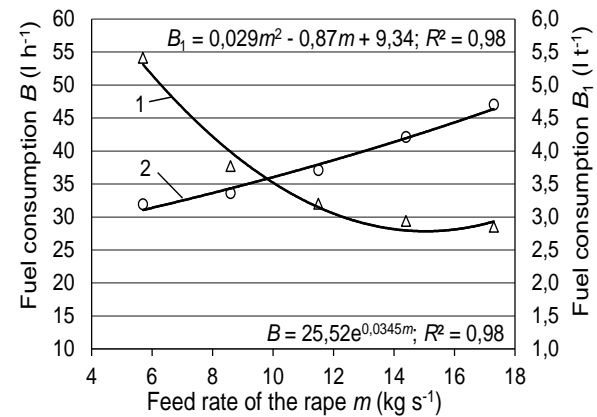


Fig. 5. The effect of the rate of winter rapeseed Sunday feed into combine harvester *C* on fuel consumption per hour (B) and ton of seeds threshed (B_1) by the engine: $h=0.3 \text{ m}$, $n_b=600 \text{ min}^{-1}$, $n_v=930 \text{ min}^{-1}$, $a=18 \text{ mm}$, $b_1=9 \text{ mm}$, $b_2=5 \text{ mm}$, $A_g=2.3 \text{ t ha}^{-1}$, $U_1=11.2\%$; $v=6 \text{ km h}^{-1}$; 1 – hourly fuel consumption; 2 – fuel consumption per ton of threshed rapeseed.

Actual fuel consumption was determined more accurately by monitoring combine harvester operations throughout the day or for several days on the production areas. Reliable effect of the time of day during winter rapeseed Visby harvesting on combine harvester *C* throughput and fuel consumption per ton of threshed seeds has not been determined. Combine harvester throughput was slightly higher, and fuel consumption – lower at noon.

Operating conditions may have greater effect on fuel consumption by the engine than change of the fed rapeseed flow in individual cases. Similar data have been obtained for rapeseed harvesting by combine harvester *D*.

Characteristics of winter rapeseed species Visby, Rohan and Cult did not have any reliable effect on combine harvester *C* throughput and fuel consumption. For winter rapeseed Rohan harvesting, fuel consumption per ton of threshed seeds reached 2.54 ± 0.18 , while for rapeseed species Cult – $2.22 \pm 0.47 \text{ l}$. For winter rapeseed

Remy harvesting by combine harvester *D* under unfavourable conditions, fuel consumption per ton of threshed seeds ranged from 4.4 to 6.9 l. A lot of time at the beginning of harvesting was spent on empty trips and frequent downtimes. Although short-term and heavy precipitation led to shorter operating times of combine harvesters, throughput per net operating time did not reduce.

Discussion

Starting time of rapeseed harvesting and shatter loss are largely affected by weather conditions. Short-term precipitation does not affect moisture content of mature summer rapeseeds [4]. Similar results have been obtained by monitoring the dynamics of moisture content of winter rapeseeds Sunday (Fig. 1) Heavy precipitation (18 mm) leads to increase in moisture content of rapeseeds by ca. 2 %; however, the moisture content drops to the previous value the following day [3]. Prolonged rainy periods lead to increase in total shatter loss several fold [7]. The authors have noted that not only precipitation, but also strong wind $> 5 \text{ m s}^{-1}$ have greater effect on shatter loss. Under favourable weather conditions, rapeseed harvesting may start as soon as the rapeseed moisture content reaches 9, and in case of rainy weather – 12%. Duration of rapeseed harvesting: 3-5 days.

Combine harvester performance and fuel consumption depend on the rate of rapeseed mass feed into the combine harvester [12, 13]. The rate may be adjusted by leaving higher stubble without any changes to the running speed of the combine harvester. In Germany, moisture content of the mature rapeseed has been found to vary by 70 to 20 % along the length of stems [14], while in case of high moisture content (59.55%), the variation was 10% points only. In Lithuania, relative air humidity in July for the recent decade has been 75.7, August – 79.3%. Moisture content of winter rapeseed Catalina ranged from 83.17 ± 1.88 to 74.10 ± 0.47 the length of 0.6 m high stems. The rate of rapeseed mass feed into the combine harvester and average moisture content may be reduced by increasing the height of stubble. Increase of wheat stubble height from 0.1 to 0.2 m has been found [16] to reduce fuel consumption per harvested hectare by 4 l. According to other authors [15], combine harvester throughput increases by 2 % points with each 0.01 m of added stubble height. On the other hand, the effect of stubble height on performance indicators of the combine harvester has not been covered, while rapeseed harvesting has not been mentioned at all.

Rapeseed is usually harvested by leaving 0.2 m high stubble. Increase of stubble height of winter rapeseed to 0.3 m leads to ca. 15.52 % reduction in the mass of stems fed into the combine harvester and 1.2 % reduction in its moisture content.

Rational rate of mass feed is different for each group of combine harvesters. Therefore, where shatter loss from straw separation and chaff cleaning is within the tolerance limits, change of stubble height must be performed with reference to a combine harvester running speed as well, in order to maintain the rational rate of rapeseed feed into the combine harvester.

Fuel consumption per hour and per harvested hectare provide only partial picture of the operating conditions of combine harvester and engine load. Fuel consumption per ton of threshed seeds provides more accurate actual indicator of combine harvester performance. Increase of the rate of rapeseed feed into the combine harvester to a rational value has been found to lead to reliable drop in fuel consumption per ton of threshed seeds. If rational feed is exceeded, fuel consumption stops reducing and either ranges within the tolerance limits, or starts increasing. There is reciprocal relationship between the rapeseed feed rate, shatter loss and fuel consumption per ton of threshed seeds. As the computer of combine harvester does not show reliable dynamics of shatter loss, automatic control of running speed should be linked to the engine load and fuel consumption per ton of threshed seeds.

During rapeseed harvesting, part of the day is spent on empty trips by a combine harvester on the field, turns at the end of the field, waiting for grain transportation vehicles or repairs. Therefore, actual fuel consumption is higher than fuel consumption during the process time. Fuel consumption by combine harvester *C* per ton of threshed seeds per process time was determined at 2.54 ± 0.18 under favourable conditions and 4.72 ± 0.4 l under unfavourable conditions. No reliable difference in variation of fuel consumption between different species of harvested rapeseed has been found.

Conclusions

1. If the stubble height of winter rapeseed was 0.2 m, the stubble amounted to the share of 49.87% of the total stem mass. Increase of the stubble height to 0.3 m led to reduction of the stem mass fed into the combine harvester by ca. 15.52%, of fuel consumption per hectare harvested – 2.74, per ton of threshed seeds – 0.27 l.

2. The lowest value of shatter loss from straw separation and chaff cleaning was reached in case of rational rate of rapeseed feed into the combine harvester. Contrary to grain harvesting, reduction of rate of rapeseed feed into the combine harvester leads to increased shatter loss. Therefore, when the stubble height is increased, combine harvester running speed must be adjusted to maintain the rational feed rate of the mass.

3. Increase of the rate of rapeseed feed into the combine harvester to a rational value leads to reduction of fuel consumption per ton of threshed seeds, and, further, the fuel consumption either becomes stable or starts to increase. Automatic control of the process of combine harvester must be linked to the engine load and fuel consumption per ton of threshed seeds.

References

1. Rathke, G.-W., Behrens, T., Diepenbrock W. (2006). Integrated nitrogen management strategies to improve seed yield, oil content and nitrogen efficiency of winter oilseed rapeseed (*Brassica napus* L.). *Agriculture Ecosystems & Environment*. Nr.117. 80-108.
2. *Statistical yearbook of Lithuania*. (2013). 671.

3. Špokas, L., Velička, R., Rimkevičienė, M., Marcinkevičienė R. (2005). Ripening dynamics and natural falling of spring rapeseed seeds. *Agricultural Sciences*. Nr. 3. 29-38. (in Lithuania).
4. Špokas, L., Velička, A., Marcinkevičienė, R., Domeika R. (2004). Optimierung des Erntezeitpunktes von Sommerraps durch die Sortenwahl. *Die Bodenkultur*. Bd. 55, H.3. 113-120. (in Germany).
5. Morgan, C. L., Bruce, D. M., Child, R., Ladbroke, Z. L., Arthur, A. E. (1998). Genetic variation for pod shatter resistance among lines of oilseed rapeseed developed from synthetic *B. napus*. *Field crops Research* Nr. 58. 153-165.
6. Šidlauskas, G., Bernotas, S. (2003). Some factors affecting seed yield of spring oilseed rapeseed (*Brassica napus* L.). *Agronomy Research*. Nr. 1(2). 229-243.
7. Pahkala, K., Sankari, H. (2001). Shatter loss as a result of pod shatter in spring rapeseed and spring turnip rapeseed in Finland. *Agrikultural and food science in Finland*. Vol. 10. 209-216.
8. Price, J. S., Hobson, R. N., Neale, M. A., Bruce, D. M. (1996). Shatter losses in Commercial Harvesting of Oilseed Rape. *Journal of Agricultural Engineering Research*. (65), 3. 183-191.
9. Rademacher, T. (2003). Methodology for measuring of quality and loss-throughput behavior for combine harvesters under field conditions. *VDI-MEG Kolloquium Landtechnik. Mährescher*. 40, 83-94. (in Germany).
10. Rathke, G.-W., Behrens, T., Diepenbrock, W. (2006). Integrated nitrogen management strategies to improve seed yield, oil content and nitrogen efficiency of winter oilseed rapeseed (*Brassica napus* L.) *Agriculture Ecosystems & Environment* (117), 80-108.
11. Reckleben, A. Y., Vosshenrich, H. H. (2008). Getreideernte durch den Hochschnitt [Grain harvest by the high cut]. *Getreide*. (13) 2: 108-109. (in Germany).
12. *Statistical yearbook of Lithuania*, (2013), 671.
13. Šidlauskas, G. and Bernotas, S. (2003). Some factors affecting seed yield of spring oilseed rapeseed (*Brassica napus* L.). *Agronomy Research*, 1 (2), 229-243.
14. Špokas, L., Velička, R., Rimkevičienė, M., Marcinkevičienė, R. (2005). Ripening dynamics and natural falling of spring rapeseed seeds. *Vilnius. Agricultural Sciences*. Nr. 3, 29-38. (in Lithuania).
15. Špokas, L., Velička, A., Marcinkevičienė, R., Domeika, R. (2004). Optimization of the harvest time of summer rape by selection variety. *Die Bodenkultur*. Vienna. Bd. 55. H.3, 113-120. (in Germany).
16. Zimmer, R. and Košutič, S. (2006). Oil rapeseed seed harvesting season 2005 in Eastern Slavonia. *Poljoprivredna tehnika. Agricultural engineering*, 31 (3), 37-41. (in Slovenia).
3. Špokas, L., Velička, R., Rimkevičienė, M., Marcinkevičienė R. Ripening dynamics and natural falling of spring rapeseed seeds. *Agricultural Sciences*. Nr. 3. 2005. P. 29–38.
4. Špokas, L., Velička, A., Marcinkevičienė, R., Domeika R. Optimierung des Erntezeitpunktes von Sommerraps durch die Sortenwahl. *Die Bodenkultur*. Bd. 55, H.3. 2004. P. 113–120.
5. Morgan, C. L., Bruce, D. M., Child, R., Ladbroke, Z. L., Arthur, A. E. Genetic variation for pod shatter resistance among lines of oilseed rapeseed developed from synthetic *B. napus*. *Field crops Research* Nr. 58. 1998. P. 153–165.
6. Šidlauskas, G., Bernotas, S. Some factors affecting seed yield of spring oilseed rapeseed (*Brassica napus* L.). *Agronomy Research*. 2003. Nr. 1(2). P. 229–243.
7. Pahkala, K., Sankari, H. Shatter loss as a result of pod shatter in spring rapeseed and spring turnip rapeseed in Finland. *Agrikultural and food science in Finland*. 2001. Vol. 10. P. 209–216.
8. Price, J. S., Hobson, R. N., Neale, M. A., Bruce, D. M. Shatter losses in Commercial Harvesting of Oilseed Rape. *Journal of Agricultural Engineering Research*. 1996. (65), 3. P. 183–191.
9. Rademacher, T. Methodology for measuring of quality and loss-throughput behavior for combine harvesters under field conditions. *VDI-MEG Kolloquium Landtechnik. Mährescher*. 2003. 40, P. 83–94.
10. Rathke, G.-W., Behrens, T., Diepenbrock, W. Integrated nitrogen management strategies to improve seed yield, oil content and nitrogen efficiency of winter oilseed rapeseed (*Brassica napus* L.) *Agriculture Ecosystems & Environment*. 2006. 117. P. 80–108.
11. Reckleben, A. Y., Vosshenrich, H. H. Getreideernte durch den Hochschnitt [Grain harvest by the high cut]. *Getreide*. 2008. (13) 2. P. 108–109.
12. *Statistical yearbook of Lithuania*, 2013, 671 p.
13. Šidlauskas, G. and Bernotas, S. Some factors affecting seed yield of spring oilseed rapeseed (*Brassica napus* L.). *Agronomy Research*, 2003. 1 (2), P. 229–243.
14. Špokas, L., Velička, R., Rimkevičienė, M., Marcinkevičienė, R. Ripening dynamics and natural falling of spring rapeseed seeds. *Vilnius. Agricultural Sciences*. 2005. Nr. 3. P. 29–38.
15. Špokas, L., Velička, A., Marcinkevičienė, R., Domeika, R. Optimization of the harvest time of summer rape by selection variety. *Die Bodenkultur*. Vienna. 2004. Bd. 55. H.3, P. 113–120.
16. Zimmer, R. and Košutič, S. Oil rapeseed seed harvesting season 2005 in Eastern Slavonia. *Poljoprivredna tehnika. Agricultural engineering*, 2006. 31 (3). P. 37–41.

Список літератури

1. Rathke, G.-W., Behrens, T., Diepenbrock W. Integrated nitrogen management strategies to improve seed yield, oil content and nitrogen efficiency of winter oilseed rapeseed (*Brassica napus* L.). *Agriculture Ecosystems & Environment*. Nr.117. 2006. P. 80–108.
2. *Statistical yearbook of Lithuania*. 2013. 671 p.

ЗНИЖЕННЯ ВТРАТ НАСІННЯ І ВИТРАТА ПАЛИВА У ВРОЖАЮ РІПАКУ

Л. Шпокас, С. В. Смолінський, Г. Зебраускас,
А. Ціплієне

Анотація. Ріпаку збір урожаю починається в Прибалтиці, як тільки вологість насіння знижується до 12%. В той час як зміна вологості насіння не впливає на короточасні опади, тривалі опади

призводить до Ка. 2% збільшення вмісту вологи. Висока 0,2 м стерні озимого ріпаку припадає на частку 49.87% у загальній стовбурної маси. Її вологість становить 10.39% вище, ніж інша частка стовбурної маси. Збільшення висоти стерні до 0,3 м приводить до зменшення 15.52% в стовбурі маса подається в комбайні, і зниження 1.79% вологості маси стебла. У цьому випадку, витрата палива на гектар ріпаку намолочено буде нижче на 2,74 л, а на тонну обмолоченого зерна – на 0,27 л. Зв'язок між швидкістю ріпаку годувати в комбайні, зруйнувати втрати від розділення і очищення соломи, полови, і витрата палива на тонну обмолоченого Насіння був знайдений. Граничний розмір насіння ріпаку годувати в комбайні досягається, коли витрата палива на тонну обмолоченого насіння припинив зниження, але зруйнувати втрати соломи розділення і очищення полови-це ще в межах допустимого діапазону. У разі озимого ріпаку заготовка під обробку умови, витрата палива на тонну обмолоченого насіння варіювалася від 2,5 до 6,5 л, а у випадку раціональних вартість насіння ріпаку кормової комбайн, витрата палива на тонну обмолоченого насіння доїхати $2.93 \pm 0,23$ л.

Ключові слова: зернозбиральний комбайн, ріпак, витрата палива, втрати зерна, пропускна здатність.

СНИЖЕНИЕ ПОТЕРЬ СЕМЯН И РАСХОД ТОПЛИВА В УРОЖАЕ РАПСА

*Л. Шпокас, С. В. Смолинский, Г. Зебраускас,
А. Циплиенэ*

Аннотация. Рапса сбор урожая начинается в Прибалтике, как только влажность семян снижается до 12%. В то время как изменение влажности семян не влияет на кратковременные осадки, продолжительные осадки приводит к Ка. 2% увеличение содержания влаги. Высокая 0,2 м стерни озимого рапса приходится на долю 49.87% в общей стволовой массы. Ее влажность составляет 10.39% выше, чем остальная доля стволовой массы. Увеличение высоты стерни до 0,3 м приводит к уменьшению 15.52% в стволе масса подается в комбайне, и снижение 1.79% влажности стебля массы. В этом случае, расход топлива на гектар намолочено рапса будет ниже на 2,74 л, а на тонну обмолоченного зерна – на 0,27 л. Связь между скоростью рапса кормить в комбайне, разрушить потери от разделения и очистки соломы мякины, и расход топлива на тонну обмолоченного Семена был найден. Предельный размер семян рапса кормить в комбайне достигается, когда расход топлива на тонну обмолоченного семена прекратил снижение, но разрушить потери из соломы разделения и очистки плевел-это еще в пределах допустимого диапазона. В случае озимого рапса заготовка под обработку условия, расход топлива на тонну обмолоченного семена варьировалась от 2,5 до 6,5 л, а в случае рациональных стоимость семян рапса кормовой комбайн, расход топлива на тонну обмолоченного семена доехать $2.93 \pm 0,23$ л.

Ключевые слова: зерноуборочный комбайн, рапс, расход топлива, потери зерна, пропускная способность.

УДК 620.92

ПЕРСПЕКТИВИ ВИРОБНИЦТВА І СПОЖИВАННЯ БІОПАЛИВ ДРУГОГО ПОКОЛІННЯ В УКРАЇНІ

Т. А. Желєзна¹, С. В. Драгнєв¹, А. І. Баштовий¹, І. Л. Роговський²

¹Інститут технічної теплофізики НАН України, Україна.

²Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна.

Кореспонденція авторів: T.A.Zheliezna@nas.gov.ua.

Історія статті: отримано – березень 2018, акцентовано – травень 2018.

Бібл. 9, рис. 1, табл. 3.

Анотація. У статті проаналізовано поточний стан виробництва рідких біопалив другого покоління у світі та оцінено можливість започаткування такого виробництва в Україні. Актуальність роботи обумовлена тим, що рідкі біопалива можуть замінити певну частку моторних палив, що споживаються в Україні, сприяючи таким чином зміцненню енергетичної незалежності країни. Мета дослідження – оцінити життєздатність проекту з виробництва біоетанолу другого покоління в Україні, завдання – виконати попереднє техніко-економічне обґрунтування такого проекту. Методи дослідження включають огляд існуючих у світі установок з виробництва рідких біопалив другого покоління, оцінку та аналіз основних технічних та економічних показників типового проекту даного виду для умов України. Отримані результати показують, що за поточних умов (у тому числі співвідношення ціни бензину в Україні і Європі) проект з виробництва лігноцелюлозного біоетанолу є життєздатним тільки при продажу виробленого продукту на ринку Європи (термін окупності в рамках 5 років). Для можливості прибуткового виробництва і продажу біоетанолу другого покоління на внутрішньому ринку необхідно працювати в напрямку здешевлення капітальних та операційних витрат проекту. Україна має великий потенціал біомаси, у тому числі лігноцелюлозної сировини, доступної для виробництва рідких біопалив другого покоління. Для можливості успішної реалізації проектів у цьому секторі необхідне вдосконалення законодавчої бази і виконання науково-практичних робіт, спрямованих на здешевлення відповідних технологій.

Ключові слова: біомаса, біопалива, рідкі біопалива, біопалива другого покоління, лігноцелюлозна сировина, критерії сталості.

Постановка проблеми

Актуальність дослідження обумовлена необхідністю розвитку відновлюваної енергетики в Україні для зменшення споживання традиційних палив і енергоносіїв, у тому числі імпортованих, та скорочення викидів парникових газів. Рідкі біопалива

є важливим сегментом сектору біоенергетики, оскільки можуть замінити певну частку моторних палив, що споживаються в Україні. Особливий інтерес являє виробництво і використання рідких біопалив другого покоління з огляду на можливість виконання обов'язкових критеріїв сталості, визначених Директивою 2009/28/ЕС «Про стимулювання використання енергії з відновлюваних джерел» [1].

Аналіз останніх досліджень

В роботі [2] проаналізовано проблемні питання виробництва рідких біопалив в Україні з акцентом на біопалива третього покоління (з водоростей). Авторами [3] розглянуто перспективи збільшення обсягів виробництва біопалива та підвищення його конкурентоспроможності шляхом формування кластерів. В роботах [4-9] розглянуто обов'язкові критерії сталості для рідких та газоподібних моторних біопалив, визначених Директивою 2009/28/ЕС.

Мета досліджень

Мета дослідження – оцінити життєздатність проекту з виробництва біоетанолу другого покоління в Україні, завдання – виконати попереднє техніко-економічне обґрунтування такого проекту.

Матеріали і методи дослідження включають огляд існуючих в світі установок з виробництва рідких біопалив другого покоління, оцінку та аналіз основних технічних та економічних показників типового проекту даного виду для умов України.

Результати досліджень

На сьогодні не існує єдиного загальноприйнятого визначення поняття рідких біопалив другого покоління. Зазвичай вважається, що це біопалива, вироблені з лігноцелюлозної сировини. У Директиві 2009/28/ЕС «Про стимулювання використання енергії з відновлюваних джерел» зазначено визначення терміну лігноцелюлозна сировина.

Таблиця 1. Кількість діючих установок з виробництва рідких біопалив другого покоління [5].

Регіон світу	Вид установок			Загалом
	Пілотні	Демонстраційні	Комерційні	
Африка	5	0	3	8
Азія та Океанія	6	5	4	15
Європа	7	7	5	19
Північна Америка	5	6	9 (з них 8 у США)	20
Південна Америка	1	1	3	5
Загалом	24	19	24	67

Таблиця 2. Установки з виробництва біоетанолу другого покоління в США і Бразилії [5].

Назва, місце розміщення	Вид сировини	Статус	Рік початку роботи	Потужність, млн. л/рік
США:				
American Process, Аллена (Мічиган)	деревна тріска	комерційна	2012	3,6
American Process, Томастон (Джорджія)	деревна тріска	комерційна	2013	нема даних
Calgren Renewable Fuels, Пікслі (Каліфорнія)	гній	комерційна	2015	нема даних
DuPont, Невада (Айова)	стебла кукурудзи	комерційна	2015	114
Gulf Coast Energy, Лівінгстон (Алабама)	деревні відходи	пілотна	2009	76
Indian River Bioenergy Center, Віро-Біч (Флорида)	тверді побутові відходи	комерційна	2013	30
LanzaTech, Сопертон (Джорджія)	деревні відходи	пілотна	2014	0,34
Pacific Ethanol, Стоктон (Каліфорнія)	відходи зернової кукурудзи	комерційна	2015	2,8
Project Liberty (POET), Емметсберг (Айова)	відходи зернової кукурудзи	комерційна	2014	76
Quad-Country, Галва (Айова)	відходи зернової кукурудзи	комерційна	2014	7,6
Renmatix, Ром (Нью-Йорк)	Деревна тріска, смітні трави, відходи зернової кукурудзи, жом	демонстраційна	2008	нема даних
Summit Natural Energy, Корнеліус (Орегон)	Відходи харчової промисловості та сільського господарства	пілотна	2009	нема даних
Tyton Biofuels (Рафорд, Північна Кароліна)	відходи тютюнового виробництва	пілотна	2010	57
ZeaChem, Бордман (Орегон)	деревина	демонстраційна	2013	0,95
Бразилія:				
Bioflex 1 (GrandBio), Алагоас	жом, солома	комерційна	2014	нема даних
Dedini, Сан-Паулу	жом	демонстраційна	2002	
Iogen, Сан-Паулу	жом	комерційна	2015	
Raizen, Сан-Паулу	жом	комерційна	2015	

Лігноцелюлозна сировина – речовина, що складається з лігніну, целюлози та геміцелюлози, і до неї відноситься, серед іншого, лісова біомаса, відходи деревообробної промисловості, деревоподібні енергетичні культури [1]. До лігноцелюлозної сировини відносяться також побічні продукти, відходи та залишки сільського господарства (солома, стебла кукурудзи і соняшника та ін.).

Основною перевагою рідких біопалив другого покоління у порівнянні з біопаливами першого покоління (тобто «традиційними» біоетанолом і біодизелем з цукро-/крохмале- та олієвмісної сировини, відповідно) вважається те, що вони отримуються з сировини, яка не конкурує із виробництвом харчових продуктів. У Директиві 2009/28/ЕС навіть наведено окреме визначення для

нехарчової целюлозної сировини і у якості прикладів, серед іншого, зазначено солому, лушпиння, трав'янисті енергетичні культури з низьким вмістом крохмалю (міскантус, просо прутоподібне та ін.).

Масштабне виробництво рідких біопалив другого покоління на комерційному рівні розпочалося у світі у 2014-2015 роках. Найактивніше інвестують у цей сектор США, країни ЄС, Бразилія. На сьогодні загалом налічується 67 установок з виробництва такого біопалива, з них 24 комерційних, 19 демонстраційних і 24 пілотних (таблиця 1). Більшість установок, у тому числі комерційних, розташовані в США (таблиця 2). У жовтні 2015 р. у м. Невада (штат Айова) розпочав роботу найпотужніший у світі завод компанії DuPont з виробництва біоетанолу 2-го покоління із відходів зернової кукурудзи. Встановлена потужність заводу по кінцевому продукту складає більше 110 млн. л/рік. Загалом, за даними 2015 р., в США було використано

144 млн. т біомаси (головним чином, відходів виробництва кукурудзи на зерно) для отримання рідких біопалив, об'єм яких покрити 5% річної потреби країни в моторних паливах [5].

Існує три основні технології виробництва «целюлозних» біопалив – хімічна конверсія, біохімічна та термохімічна (рис. 1). Біохімічна конверсія біомаси у біоетанол 2-го покоління включає три етапи: попередня підготовка сировини, гідроліз та ферментація. Попередня підготовка спрямована на руйнування оболонки клітини рослини. На етапі гідролізу (у присутності кислоти або ензимів) целюлоза розпадається на менш складні полісахариди. В процесі ферментації відбувається конверсія цукрів у етанол. Для отримання біодизеля 2-го покоління лігноцелюлозна сировина піддається термохімічній конверсії (піроліз, газифікація).

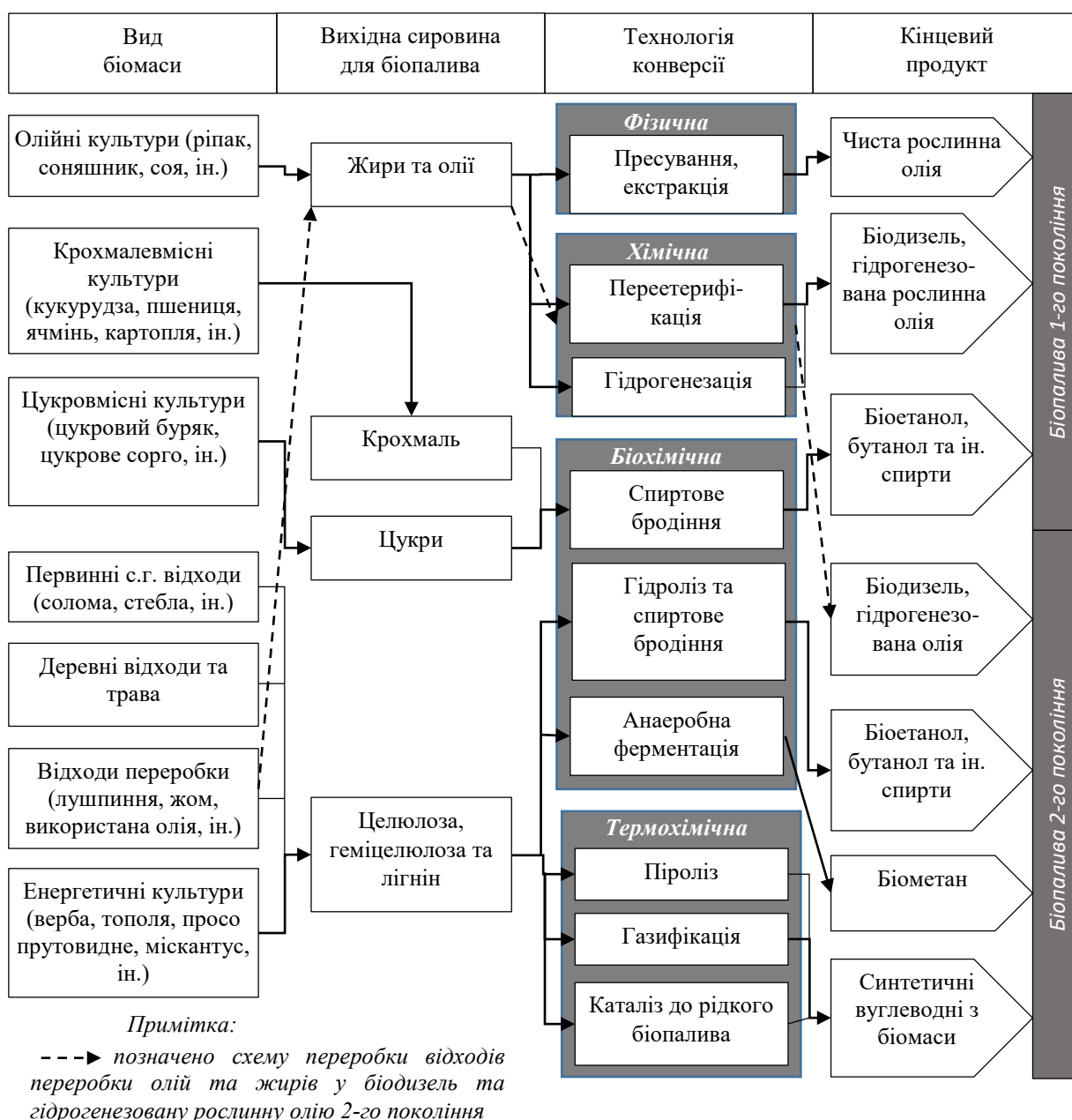


Рис. 1. Технології виробництва рідких біопалив 1-го та 2-го покоління.

Виробництво рідких біопалив другого покоління є важливим з точки зору можливості виконання обов'язкових критеріїв сталості, визначених Директивою 2009/28/ЕС [1]. Одним з критеріїв є скорочення викидів парникових газів від використання біопалив та біорідин. Це скорочення має бути не менше 50% з 01.01.2018 для біопалив та біорідин, вироблених на установках, які вже були в експлуатації до 05.10.2015 включно. Для установок, які розпочали роботу після 05.10.2015, мінімальне скорочення викидів парникових газів має становити 60%. Наразі зазначеним вимогам у більшості випадків можуть відповідати лише біопалива 2-го покоління. Так, наприклад, у Директиві 2009/28/ЕС вказано, що типове скорочення викидів парникових газів від використання біопалив складає (в дужках значення за замовчуванням): для етанолу з соломи пшениці – 87% (85%), для етанолу з деревних відходів – 80% (74%), для дизелю, отриманому з деревних відходів/лісової деревини за технологією Фішера-Тропша – 95% (95%)/93% (93%). Аналогічні показники для біопалив 1-го покоління є такими: етанол з цукрових буряків – 61% (52%), етанол з пшениці – 32% (16%), біодизель з ріпаку – 45% (38%), біодизель з соняшника – 58% (51%).

В Україні виробництво «традиційного» біоетанолу і біодизелю свого часу так і не набуло достатньо великого масштабу. За даними Держенергоєфективності, підготовленими для звітування Енергетичному Співтовариству, у 2017 р. в Україні було вироблено всього 3,8 тис. т біоетанолу (у 2016 р. – 8,6 тис. т), а виробництво біодизелю у 2016-2017 рр. взагалі було відсутнє. При цьому навіть за консервативними оцінками, потенціал виробництва рідких біопалив в Україні становить близько 1 млн. т/рік біоетанолу і 180 тис. т/рік біодизелю [6].

Річне споживання бензину моторного в Україні складає близько 2,2 млн. т (у т.ч. у сільському та лісовому господарстві – 145 тис. т), дизельного палива – 5 млн. т (1,4 млн. т) [7]. Часткове заміщення традиційних моторних палив біопаливами сприятиме зменшенню залежності країни від викопних палив і покращенню екологічної ситуації. На підтримку розвитку даного напрямку розроблено проект Закону «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо розвитку сфери виробництва рідкого палива з біомаси та впровадження критеріїв сталості рідкого палива з біомаси та біогазу, призначеного для використання в галузі транспорту» (№ 7348 від 9.11.2017).

Видається, що в Україні є сенс активно розвивати виробництво і споживання рідких біопалив вже 2-го покоління. З одного боку, це потребує великих зусиль і капіталовкладень, але з іншого боку – це запорука виконання обов'язкових критеріїв сталості для біопалив і інвестування у майбутнє країни.

Підготовка і реалізація конкретного проекту з виробництва рідких біопалив потребує ретельного виконання техніко-економічного обґрунтування (ТЕО). Великий вплив на окупність проекту чинять ряд факторів, у тому числі вартість сировини і можлива ціна продажу готової продукції. Результати попереднього ТЕО виробництва етанолу з соломи, виконане для умов України, представлені в таблиці 3. Отримані результати показують, що за поточних умов (у тому числі співвідношення ціни бензину в Україні і Європі) проект є життєздатним тільки при продажу виробленого біоетанолу на ринку Європи (термін окупності в рамках 5 років). Для можливості прибуткового виробництва і продажу біоетанолу на внутрішньому ринку необхідно працювати в напрямку здешевлення капітальних та операційних витрат проекту.

Таблиця 3. Попереднє ТЕО виробництва біоетанолу 2-го покоління в Україні.

Показники	Величина	
Потужність по кінцевому продукту	55 000 т/рік	
Споживання сировини (солома)*	315 000 т/рік (волога маса)	
Вартість сировини (солома)	18 євро/т	
Капітальні витрати*	109 млн. євро	
Експлуатаційні витрати*	32 млн. євро/рік	
Кредитні кошти (частка капітальних витрат)	60%	
Ставка по кредиту	8%	
	Варіант I**	Варіант II***
Ціна продажу біоетанолу	0,61 євро/л	0,96 євро/л
Дохід від продажу біоетанолу	42 млн. євро/рік	67 млн. євро/рік
Простий термін окупності	> 10 років	4,2 років
Дисконтований термін окупності (ставка дисконту 7%)	> 10 років	5,1 років
Чиста приведена вартість (NPV)	---	179 млн. євро
Внутрішня норма дохідності (IRR)	---	25%

* За даними компаній Biochemtex та Beta Renewables.

** Продаж біоетанолу на ринку України по ціні, що відповідає середній ціні на бензин в Україні у серпні 2018 р.

*** Продаж біоетанолу на ринку Європи по ціні, що відповідає середній ціні на бензин в Європі у серпні 2018 р.

Висновки

1. Виробництво та використання рідких біопалив другого покоління є важливим і перспективним сегментом біоенергетики України. Розвиток цього напрямку сприятиме досягненню цілей з відновлюваних джерел енергії, визначених Національним планом дій з відновлюваної енергетики до 2020 року.

2. Україна має великий потенціал біомаси, у тому числі лігноцелюлозної сировини, доступної для виробництва рідких біопалив другого покоління. Для можливості успішної реалізації проєктів в цьому секторі необхідне вдосконалення законодавчої бази і виконання науково-практичних робіт, спрямованих на здешевлення відповідних технологій.

Список літератури

1. *Directive 2009/28/EC on the promotion of the use of energy from renewable sources* [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:02009L0028-20151005&from=EN>.

2. Скорук О. П., Токарчук Д. М., Всемірнова В. М. Перспективи виробництва біопалива третього покоління. Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Економічні науки. 2011. №1 (48). С. 171–176.

3. Скорук О. П., Гримайло І. С. Перспективи формування кластерного виробництва біопалива в Україні. Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Економічні науки. 2011. №1 (48). С. 176–180.

4. Гелетуха Г. Г., Железна Т. А., Трибой О. В., Баштовий А. І. Аналіз критеріїв сталого розвитку біоенергетики. Промислова теплотехніка. 2016. Т. 38. №6. С. 49–57.

5. Que N., Jim B. Global production of second generation biofuels: Trends and influences. 2017. Режим доступу до ресурсу: http://www.dovetailinc.org/report_pdfs/2017/dovetailbiofuels0117.pdf.

6. Гелетуха Г. Г., Железна Т. А., Драгнев С. В., Баштовий А. І. Перспективи використання біомаси від обрізки та видалення багаторічних сільськогосподарських насаджень для виробництва енергії в Україні. Промислова теплотехніка. 2018. Т. 40. №1. С. 68–74.

7. Паливно-енергетичні ресурси України. Статистичний збірник Державної служби статистики України. 2017 рік. 191 с.

8. Waclaw Romaniuk, Victor Polishchuk, Andrzej Marczuk, Liudmyla Titova, Ivan Rogovskii, Kinga Borek. Impact of sediment formed in biogas production on productivity of crops and ecologic character of production of onion for chives. *Agricultural Engineering* (wir.ptir.org). Krakow. Poland. 2018. Vol. 22. № 1. P. 105–125. doi:10.1515/agriceng-2018-0010.

9. Гелетуха Г. Г., Железна Т. А., Драгнев С. В., Баштовий А. І., Роговський І. Л. Обґрунтування типових проєктів виробництва і споживання паливних

брикетів з агробіомаси в Україні. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2018. Вип. 282. С. 173–181.

References

1. *Directive 2009/28/EC on the promotion of the use of energy from renewable sources*. (2018). <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:02009L0028-20151005&from=EN>.

2. Skoruk, O. P., Tokarchuk, D. M., Vsemirnova, V. M. (2011). Perspective of the production of the 3rd generation biofuel. *Proceedings of VNAU. Series “Economics”*, 1, 171-176.

3. Skoruk, O. P., Grimaylo, I. S. (2011). Prospects for the formation of cluster biofuel production in Ukraine. *Proceedings of VNAU. Series “Economics”*, 1, 176-180.

4. Geletukha, G. G., Zheliezna, T. A., Tryboi, O. V., Bashtovyi, A. I. (2016). Analysis of the criteria for sustainable bioenergy development. *Industrial Heat Engineering*, V. 38, № 6, 49-57.

5. Que Nguyen, Jim Bowyer et al. (2017). Global production of second generation biofuels: Trends and influences. Available at: http://www.dovetailinc.org/report_pdfs/2017/dovetailbiofuels0117.pdf.

6. Geletukha, G. G., Zheliezna, T. A., Drahnev, S. V., Bashtovyi, A. I. (2018). Prospects for using biomass from agrarian pruning and plantation removal in Ukraine. *Industrial Heat Engineering*, V. 40, № 1, 68-74.

7. Fuel and energy resources of Ukraine. Statistical publication of the State Statistics Service of Ukraine. (2017). 191.

8. Waclaw Romaniuk, Victor Polishchuk, Andrzej Marczuk, Liudmyla Titova, Ivan Rogovskii, Kinga Borek. (2018). Impact of sediment formed in biogas production on productivity of crops and ecologic character of production of onion for chives. *Agricultural Engineering* (wir.ptir.org). Krakow. Poland. Vol. 22. № 1. 105-125. doi:10.1515/agriceng-2018-0010.

9. Geletukha G. G., Zheliezna T. A., Drahnev S. V., Bashtovyi A. I., Rogovskii I. L. (2018). Substantiation of typical projects for production and consumption of agribiomass briquettes in Ukraine. *Scientific Herald of National University of Life and Environmental Science of Ukraine. Series: Technique and energy of APK*. Kyiv. Vol. 282. 173-181.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРОИЗВОДСТВА И ПОТРЕБЛЕНИЯ БИОТОПЛИВ ВТОРОГО ПОКОЛЕНИЯ В УКРАИНЕ

Т. А. Железная, С. В. Драгнев, А. И. Баштовой, И. Л. Роговский

Аннотация. В статье проанализировано текущее состояние производства жидких биотоплив второго поколения в мире и оценена возможность начала такого производства в Украине. Актуальность работы обусловлена тем, что жидкие биотоплива могут заместить определенную долю моторных топлив, потребляемых в Украине, способствуя таким образом

укреплению энергетической независимости страны. Цель исследования – оценить жизнеспособность проекта по производству биоэтанола второго поколения в Украине, задача – выполнить предварительное технико-экономическое обоснование такого проекта. Методы исследования включают обзор существующих в мире установок по производству жидких биотоплив второго поколения, оценку и анализ основных технических и экономических показателей типичного проекта данного вида для условий Украины. Полученные результаты показывают, что в текущих условиях (в том числе соотношении цены бензина в Украине и Европе) проект по производству лигноцеллюлозного биоэтанола является жизнеспособным только при продаже произведенного продукта на рынке Европы (срок окупаемости в рамках 5 лет). Для возможности прибыльного производства и продажи биоэтанола второго поколения на внутреннем рынке необходимо работать в направлении удешевления капитальных и операционных затрат проекта. Украина имеет большой потенциал биомассы, в том числе лигноцеллюлозного сырья, доступного для производства жидких биотоплив второго поколения. Для возможности успешной реализации проектов в этом секторе необходимо совершенствование законодательной базы и выполнение научно-практических работ, направленных на удешевление соответствующих технологий.

Ключевые слова: биомасса, биотоплива, жидкие биотоплива, биотоплива второго поколения, лигноцеллюлозное сырье, критерии устойчивости.

PROSPECTS FOR THE PRODUCTION AND CONSUMPTION OF SECOND GENERATION BIOFUELS UKRAINE

Zheliezna T. A., Drahnev S. V., Bashtovyi A. I., Rogovskii I. L.

Abstract. The article analyzes the current state of production of second generation biofuels in the world and evaluates the possibility of launching such production in Ukraine. The work is topical due to the fact that liquid biofuels can replace a certain share of motor fuels consumed in Ukraine, thus contributing to the strengthening of the country's energy independence. The purpose of the study is to assess feasibility of a project on the production of second generation bioethanol in Ukraine; the task is to carry out a preliminary feasibility study for such a project. The research methods include a review of the existing plants that produce second generation biofuels in the world, assessment and analysis of the main technical and economic indicators of a typical project of this type for the conditions of Ukraine. The obtained results show that under the current conditions (including the petrol price ratio in Ukraine and Europe), the project for the production of lingo-cellulosic bioethanol is feasible only with the sale of the product in the European market (the payback period is within 5 years). For the possibility of profitable production and sale of second generation bioethanol in the domestic market, it is necessary to work towards lowering the capital and operational costs of the project. Ukraine has a big potential of biomass, including lingo-cellulosic feedstock available for the production of second generation

biofuels. For the successful implementation of projects in this sector, it is necessary to improve legal basis and conduct scientific and practical work to bring down cost of corresponding technologies.

Key words: biomass, biofuels, second-generation biofuels, lingo-cellulosic feedstock, sustainability criteria.

UDC 681.511.4:664.1

USE THE SEEDS OF CHIA SEEDS AS INGREDIENT OF MILLED HALF-FINISHED FOODSTUFFS

Golembowska N. V., Slobodyanyuk N. M.

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Ukraine.

Corresponding authors: slob2210@ukr.net.

Article history: Received: March 2018. Received in the revised form: April 2018. Accepted: May 2018.
Bibl. 5, fig. 2, tabl. 4.

Abstract. There are given results of sensory analysis of flavor and some other properties of milled masses of freshwater fish enriched by the non-traditional raw material (seed of chia seeds). The conclusion on positive effect on properties of proposed compositions over those ones of the standard sample of force-fish was made on comparing of base profiles of their basic properties.

The cutlets made of mass modified by vegetative ingredient had the plastic and dense consistency on their cut. The positive results of their organoleptic analysis evidenced expediency of adding of proposed vegetative ingredient to milled mass of fish. The criteria proved such conclusion were general expression of taste, aroma and harmonicity of flavor of cutlets made of mixes of developed composition.

It was shown experimentally that adding of vegetative raw materials in the mix permits to increase its nutritional value. Absence of negative effects followed after adding of seeds of chia seeds into the minced fish mass permits us to recommend it for consumption as the product of dietetic destination.

Key words. Fish cutlets, vegetative raw materials, chia seeds, semi-finished products, organoleptic testing, sensory characteristics, flavor, taste, profilogram.

Introduction

Physicians fixed last time the tendency of rising of incidences of celiac diseases worldwide. The Global Gastroenterological Organization published the data on its displaying in average at one of three hundred men. To attain the valuable physical strength, ill patients are forced to cease consumption of foodstuffs that contain gluten: rice, buckwheat, millet, corn and such products unusual for Ukrainians as amaranth, quinoa, sago, green foxtail and sorghum.

Formulation of problem

For help them to solve the problem of limiting variety of products in ration, Ukrainian scientists and technologists developed the number of gluten-free foods. However their set include only small quantity of products, e.g. free of albumens bread produced by standard of DSTU-P 4588:2006, free of gluten bread produced by

technical specifications of TU 8-22-61-88, corn, rice and buckwheat macaroni (TU 9149-001-17629737 and TU 9148-011-17629737), albumen-free macaroni (TU) 9149-006-17629737), corn-, rice-, buckwheat- and albumen-free mixes for use in baking (TU 9195-002-17629737 and TU 9195-013-17629737), as well as cookies of "Sugary", "Floral mix", "Harmony" and "Salty" (TU 9131-007-17629737) ones [1].

Analysis of recent research results

To increase the number of products for feeding the patients ill by celiacy, the firms of "DR.SCHAR" (Italy), «BEZGLUTEN» (Poland), «3PAULY» (Germany), produced in Ukraine foodstuffs specially certified for these purposes. However they found here the limited demand because of their expensiveness.

Looking at lipid content of chia seeds have presence of palmitic acid (7%), stearic acid (3.23%) linolenic acid (60.68%) and polyunsaturated fats (PUFA) (81.15%), a lower value for linoleic acid (20.47%) and a higher value for oleic acid (7.48%). The incorporation of ingredients with high PUFA content into the diet provides numerous health benefits. The chia seed can be considered a functional food because it is a source of ω -3 fatty acids, with at least 0.1 g of ω -3 in 100 g of product, and has high levels of total dietary fiber, up to 3 g in 100 g of product and protein [2].

Meantime, one of the most actively developing branches of public economy in Ukraine is the industry by producing of semi-finished meat and fish products. The most known products of such category are cutlets, schnitzels, chops, stakes, zrazy, meat and fish balls, klessy, koftas. The stimulus of such progress is fast increasing the number of public enterprises of "diet nutrition", demand of foods for alimentation the students and schoolchildren, and public interest to products that permit to decrease duration of producing of foods household. At the same time, one of critical problems in progress of such industry is rising of quality and nutritive value of produced foods.

Therefore, the goal we set in our work was optimization the composition of cutlets made of milled meat of freshwater fish by way of its mixing with vegetative raw materials.

Purpose of research

The objects of research were organoleptic and physicochemical properties of mixes made of ground meat of European carp (*Cyprinus carpio*) with milled seed of chia seeds.

Results of research

There were tested four samples of mixes differing by content of their basic components. The mix #1 contained 2 % of milled seeds of chia seeds, the mix #2 – 5 %, and mix #3 – 8 % of this ingredient. The object of control was the ground meat of carp without additives. The process of producing of cutlets of said mixes included operations as follows: taking of raw materials, their sorting, taking of calculated quantities of ingredients, their milling, preparing of forcemeat, forming and breading of cutlets, and their frying (boiling with steam in another variant). The detailed formulations of the control sample of cutlet and compositions based on use of fish modified by vegetative ingredient are listed in Table 1.

To find the optimal formulation of thermally treated mix of fish and chia seeds, there was carried out the sensory evaluation of their properties by norms of international standard of ISO 6564:2005 "Sensory analysis – Methodology – Flavor profile methods" harmonized in Ukraine as DSTU 6564:2005 [3].

The properties of listed compositions by 10 meaningful criteria of quality arranged by order of their

significance evaluated the expert commission of 8 persons. To find the worth of each product, there was used the scale constituted of 5 values intensity in each property as follows: the mark of 0 points meant that display of the sense was absent; 1 point meant its scarce intensity; 2 points meant the weak grade of intensity; 3 points meant the average intensity; 4 points meant that the product was character by intense display of the tested property, and the mark of 5 points showed that the product had the highly intense display of tested characteristic [4, 5].

The most significant index of quality taken into account in expert evaluation was the general impression on adequacy the characteristics of intensity and flavor of the product.

The six ones permitted to identify the grade of manifestation its taste and aroma, and the last three parameters helped to characterize consistency of the product in its touching with receptors of oral cavity. The principal purpose of testing was evaluation of grade of conformity of evaluated parameters of fish products to desirable level of their quality, as well as attesting of grade of displaying of characters of harmonicity of after-tastes of their salinity, and sweetness. The criteria chosen for evaluation of mixes in development were as follows (Table 2).

The nature of taste the products in development was identical with the same parameter of the control sample and results of degustation did not show any negative constituents in parameters of aroma and presence of foreign and sharp odors.

Table 1. Formulations of mixes used in producing of cutlet made of fish meat.

Ingredient	Mass of the ingredient, g			
	Control	Sample 1	Sample 2	Sample 3
Milled meat of carp	77	75	72	69
Chia seeds	–	2	5	8
Salt	1	1	1	1
Hen's eggs	5	5	5	5
Bread	3	3	3	3
Milk	5	5	5	5
Eggs used for liaison	6	6	6	6
Bread-crumbs	3	3	3	3

Table 2. Results of evaluation of sensory characteristics of fish cutlets in use of parameters of their flavor.

Characteristic	Intensity of the characteristic in points		
	standard	control	with chia seeds
<i>Aroma and taste</i>			
harmonicity	5,0	4,0±0,10	5,0±0,20
peculiarity to the product	4,5	3,0±0,01	4,0±0,02
fishy	4,5	4,5±0,10	4,5±0,10
expressed barely	3,5	1,0±0,02	3,5±0,01
sweetness	3,0	3,0±0,01	3,0±0,01
saltiness	3,0	3,0±0,01	2,5±0,10
<i>Consistency</i>			
juiciness	3,0	3,0±0,10	1,5±0,10
plasticity	3,5	3,0±0,10	3,5±0,10
compactness	1,0	2,0±0,02	3,0±0,02
<i>General impression</i>	5,0	4,8±0,10	5,0±0,10
<i>Total score</i>	36,0	31,3±1,00	35,5±0,40

The experimental samples obtained the uppermost marks by characteristic of aroma and surpass by parameter of "expressed weakly" the control one, which intensity was less strong and character by presence of fishy after-taste.

The results obtained in degustation the cutlets of modified composition compared with the same properties of products free of vegetative ingredient were subjected to mathematical treatment to calculate the numeral values of indices of tested parameters. Such method permits to visualize and obtain the objective characteristic the grade of intensity flavor of tested products.

The detailed diagrams of flavor of fish cutlets are shown on Figures 1 and 2 below. It's seen from diagram shown on Figure 1, that the control sample of fish cutlets had the plastic and dense consistency throughout all its mass, was of light grey color and its smell was fortified by salty and sweetish flavors. At the same time characteristics of the control sample were some different of standardized ones, what witnesses that its formulation has to be subjected to some correction to obtain properties of the product maximally close to the standard.

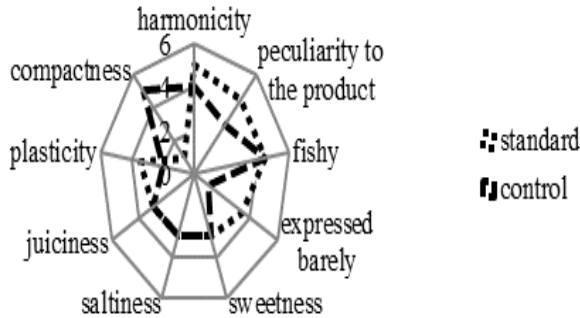


Fig. 1. The profile diagram the flavor of fish cutlets (the standard and control samples).

Unlike the control sample, properties of cutlets modified by seed of chia seeds possess by sufficient plasticity, are dense on their cut and character by sizeable indices of impression and harmonicity of fishy taste fortified in addition by salty and sweetish flavors identical with those ones of the standard sample.

Tasters who took part in evaluation of intensities and adequacy of properties of fish cutlets modified by vegetative ingredient came to the conclusion that the

product the most close by its characteristics to the standard one (the summary mark of 36.0), is the sample modified by the vegetative ingredient (the summary mark of 35.5), see Figure 2.

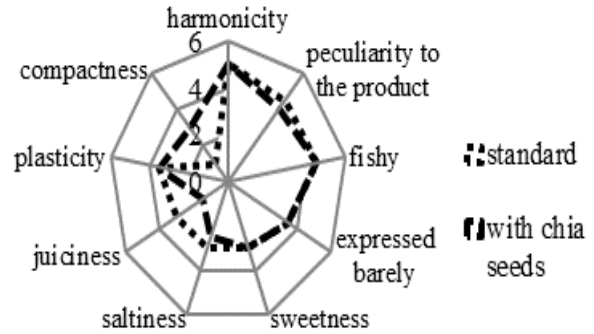


Fig. 2. The profile diagram of flavor of fish cutlets modified by seeds of chia seeds.

The results obtained in determining of values of output of finished products and losses of mass in their preparation at various modes of thermal are given in Table 3.

All samples listed in this Table had harmonic fish aroma and their taste produced the positive impression on tasters.

The results obtained in analysis of their chemical composition showed that content of albumens in products modified by introduction of vegetative ingredient (samples ## 1-3) varied within limits of 16.2÷20.5%.

The only difference and advantage over the composition of control sample is bigger content of albumens, what is the consequence of lesser quantity of this class compounds in fish meat as compared with seeds of chia seeds (Table 4).

Lipids – the one more class of substances crucially necessary for assuring of normal vital activities – are contained in the standard sample in quantity of 4.15 %. Meantime, values of the same parameter vary in the range of 11.63÷15.52 % in the samples ## 1-3 we developed, what permitted to improve their nutritional value, and tasty and juicy characteristics. At the same time results of analysis show that the products ## 1-3 contain 2.58–3.2 % of mineral substances, whereas the control sample contained 2.37 % of such compounds only.

Table 3. Total output of fish cutlets and losses in their preparation.

Sample #	Treatment by steam			Roasting		
	Initial mass, g	Mass after treatment, g	Losses, %	Initial mass, g	Mass after treatment, g	Losses of mass, %
Control	50	32	36	51	29	43
1	51	30	42	52	28	46
2	47	42	11	45	33	27
3	49	34	31	47	32	32

Table 4. Content of some components in formulations of fish cutlets, % (n=5, p≤0,05).

Sample #	Water	Albumens	Lipids	Mineral substances
Control	72,50 ± 5,21	14,87 ± 0,42	4,15 ± 0,28	2,37 ± 0,12
1	70,08 ± 4,67	16,20 ± 0,53	11,63 ± 0,97	2,58 ± 0,17
2	65,70 ± 4,67	17,49 ± 0,53	12,66 ± 0,97	2,92 ± 0,17
3	63,80 ± 6,04	20,50 ± 0,27	15,52 ± 0,72	3,72 ± 0,24

All these arguments allow us to assert that fish products enriched by vegetative ingredient possess by bigger biological value as compared with the non-modified mass of fish.

Conclusions

1. The proposed formulations of fish-based semi-finished products would permit to spread the assortment of dietetic products.

2. The second positive effect of application vegetative raw materials in minced fish masses is finding one of more method of reprocessing the freshwater fish.

3. The R&D work we performed would be continued and should include the stage of development and optimization the technologies of producing the fish products modified by vegetative raw.

References

1. *Lisovska, T., Derkach, A., Stadnik, I., Sukhenko, Y., Vasiliev, V.* (2017). Extruded corn flour for dietary food. Food industry of agricultural industrial complex. Vol. 6, 40-43.
2. *Tesak, Y., Golembowska, N., Slobodyanyuk, N.* (2016). Technology of quick-frozen semi-finished products. Transactions of SWorld. Journal, #45, Vol. 3, 11-14.
3. *Sensory research. Methodology.* (2005). Flavour profile methods. National standard of Ukraine DSTU ISO 6564:2005.
4. *Prasol, Y., Golembowska, N., Slobodyanyuk, N., Ochkolias, O.* (2017). Sensory analysis of semi-finished minced fish products by the flavor profile method. Scientific Bulletin of the Stepan Gzhytskyi Lviv National of Ukraine, Vol. 19, #80, 83-87.
5. *Tesak, Y., Golembowska, N., Ochkolias, O.* (2017). Technology of quickly frozen semi-finished products enriched by seaweed. Transactions of SWorld. Journal, #45, Vol. 3, 89-93.

Список літератури

1. *Lisovska T., Derkach A., Stadnik I., Sukhenko Y., Vasiliev V.* Extruded corn flour for dietary food. Food industry of agricultural industrial complex. 2017. Vol. 6, P. 40–43.
2. *Tesak Y., Golembowska N., Slobodyanyuk N.* Technology of quick-frozen semi-finished products. Transactions of SWorld. Journal, 2016. #45, Vol. 3, P. 11–14.
3. *Sensory research. Methodology. Flavour profile methods.* National standard of Ukraine DSTU ISO 6564:2005.
4. *Prasol Y., Golembowska N., Slobodyanyuk N., Ochkolias O.* Sensory analysis of semi-finished minced fish products by the flavor profile method. Scientific Bulletin of the Stepan Gzhytskyi Lviv National University of Ukraine. 2017. Vol. 19. #80. P. 83–87.
5. *Tesak Y., Golembowska N., Ochkolias O.* Technology of quickly frozen semi-finished products

enriched by seaweed. Transactions of SWorld. Journal, 2017. #45. Vol. 3. P. 89–93.

ВИКОРИСТАННЯ НАСІННЯ ЧІА В ЯКОСТІ ІНГРЕДІЄНТА ПОДРІБНЮВАННЯ НАПІВФАБРИКАТІВ ПРОДУКТІВ ХАРЧУВАННЯ

Н. В. Голембовська, Н. М. Слободянюк

Анотація. Наводяться результати сенсорного аналізу смаку і деякі інші властивості подрібненої маси прісноводних риб збагаченого нетрадиційної сировини (насіння Чіа). Висновок на позитивний вплив на властивості запропонованої композиції за ті стандартного зразка форс-риба був зроблений на порівнянні базових профілів їх основні властивості.

Котлети з маси модифікованих рослинних інгредієнтів мають пластику і щільної консистенції на свою частку. Позитивні результати органолептичного аналізу свідчать про доцільність додавання запропонованого рослинного інгредієнта для розмолотої маси риби. Критерії довіри такого висновку було загальне вираження смаку, аромату і гармонійності смаку котлети з суміші розробленого складу.

Експериментально було показано, що додавання рослинної сировини в суміші дозволяє підвищити його поживну цінність. Відсутність негативних наслідків після додавання насіння чіа в рибний фарш мас дозволяє нам рекомендувати його для вживання в якості дієтичного продукту призначення.

Ключові слова: рибні котлети, рослинна сировина, насіння чіа, напівфабрикат, органолептичні випробування, органолептичні показники, аромат, профілограм.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СЕМЯН ЧИА В КАЧЕСТВЕ ИНГРЕДИЕНТА ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ПОЛУФАБРИКАТОВ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

Н. В. Голембовская, Н. М. Слободянюк

Аннотация. Приводятся результаты сенсорного анализа вкуса и некоторые другие свойства измельченной массы пресноводных рыб обогащенного нетрадиционного сырья (семян чиа). Заключение на положительное влияние на свойства предлагаемой композиции за те стандартного образца форс-рыба был сделан на сравнении базовых профилей их основные свойства.

Котлеты из массы модифицированных растительных ингредиентов имеют пластика и плотной консистенции на свою долю. Положительные результаты органолептического анализа свидетельствуют о целесообразности добавления предложил растительный ингредиент для размолотой массы рыбы. Критерии доказал такому выводу было общее выражение вкуса, аромата и гармоничность вкуса котлеты из смеси разработанного состава.

Экспериментально было показано, что добавление растительного сырья в смеси позволяет повысить его питательную ценность. Отсутствие негативных последствий после добавление семян чиа в рыбный фарш масс позволяет нам рекомендовать

его для употребления в качестве продукта диетического назначения.

Ключевые слова: рыбные котлеты, растительное сырье, семена чиа, полуфабрикат, органолептическое испытания, органолептические показатели, аромат, вкус, профилограф.

UDC 338:47

ECONOMIC-MATHEMATICAL MODEL OF OPTIMIZATION OF EXPENSES INVESTMENT-BUILDING PROJECT PAYMENT AUTOMOBILE ROADS

Zagursky O. M., Kukanov V. V.

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Ukraine.

Corresponding authors: zagurskiy_oleg@ukr.net, tank@ipnet.ua.

Article history: Received: March 2018. Received in the revised form: April 2018. Accepted: May 2018.

Bibl. 8, fig. 1, tabl. 0.

Annotation. The multivariance of the methods of developing investment and construction projects leads to the need to analyze existing and construct new economic and mathematical models that take into account the likelihood of the implementation of certain options, and also take into account the conditions of uncertainty and risk. In the field of motor transport infrastructure, investment and construction projects are always large-scale and costly, because their implementation affects different components of socio-economic development of territories. Investment-building projects of toll roads, in general, are difficulty managed systems that change their configuration in the course of multi-step processes. The ability to manage such a system causes the problem of choosing one or another action and inevitably leads to the task of finding the optimal solution in terms of management.

In the article an algorithm of the economic-mathematical model of optimization of expenses of investment-construction project of a paid motorway in the conditions of uncertainty and risk is developed. The description of the system's work is based on the "Markovian" decision-making processes, and optimization of expenses was carried out by methods of discrete and dynamic programming, in accordance with the general concept of analysis and optimization of multi-step tasks.

The proposed model can be a tool in the operational management of the process of developing an investment and construction project, on the basis of which will be further developed the schedules and calendar plan for its implementation.

Key words: costs, dynamic programming, investment-construction project, economic-mathematical model, paid motorway, risk.

Introduction

To date, the multivariate ness of the options for the development of investment and construction projects leads to the need for an analysis of existing and building new economic and mathematical models that take into account the likelihood of the implementation of certain

options for project development, and also take into account the conditions of uncertainty and risk.

Formulation of problem

Taking into account the adoption of the law aimed at improving the legislative regulation of the construction and operation of public roads of state importance on the terms of concession in the near future (in 2019) there will arise a need to develop and implement investment-construction projects for toll roads, hence the need to develop new and improve existing decision-making models as a result of their implementation.

Analysis of recent research results

Issues of investing in transport infrastructure objects, in particular regarding financing of socially important projects in this area, were studied by Ukrainian and foreign scholars Y. Bastia [6], T. A. Vorkut [1], I. V. Heyets [4], P. Drucker [7], K. Eigenram [8].

The purpose of research. Development of algorithm of economical-mathematical model of optimization of expenses of investment and construction project toll road with using "Markov" processes of decision making and methods of discrete and dynamic programming.

Results of research

On February 27, 2018, the Verkhovna Rada of Ukraine amended the law "Concessions", "Concessions for the construction and operation of highways", "About auto roads", "On sources of financing of road economy of Ukraine", "On the alienation of land plots of other objects of real estate, which are located on them, which are in private ownership, for public needs or from the motives of social necessity." Adoption of certain legislative norms opens up new opportunities for attracting capital, in particular private, for the development of modern motor transport infrastructure of Ukraine.

The practice of attracting private investment for the construction of concession roads is not new. Thus, in such

developed countries as France and Italy, financing of road infrastructure development is mainly done through public-private partnership. For example, in France, at the expense of private investment, a network of highways with a length of about 7 thousand km is being built, which are serviced at the expense of usage fees in accordance with established tariffs. In Germany, only certain areas of roads are paying that lead to the recreational areas of the Alpine Mountains are paid. At the same time, on the territory of the EU, the fee for using the network of highways is strictly charged. [3, p. 60]

When considering investment projects in the area of motor transport infrastructure, it should be noted that they are always large-scale and costly; therefore their implementation affects different components (economic, socio-cultural, ecological, industrial and others) socio-economic system of the territory. However, road construction projects are a special case of investment projects, which differ from most projects with such characteristic features:

1. Project product.
2. Number of investors.
3. Level of state regulation.
4. Risks of funding sources.
5. Number of projects.
6. Dependence of the project on the time of work and weather conditions.
7. Strategic constraints on the transfer of the project to private ownership [2, p. 58].

And, the investment and construction project of a toll road, in general, is a complex managed system that changes its configuration in the course of multi-step processes. The ability to manage the system leads to the emergence of a problem of choice of actions and inevitably leads to the task of finding the optimal solution in terms of management. This type of task is a task of dynamic programming, built on, the so-called principle of optimality: According to him, optimal behavior is characterized by the fact that, whatever the initial state and decision at the initial moment, the following solutions should be an optimal behavior relative to the state obtained as a result of the first decision.

The method of dynamic programming is that optimal management is built gradually. At each step, only this step is optimized. At the same time, at each step the management is selected in the light of the consequences, since management, optimizing the target function only for this step, can lead to a non-optimal effect of the entire process. Management at every step should be optimal in terms of the process as a whole. Whatever the initial state of the system before the next step, the management at this stage is chosen so that the gain at this step plus the optimal gain at all subsequent steps was maximal.

The general optimization task can be described as a model of dynamic programming in the following conditions:

1. The task can be interpreted as a n-step process of management, and the overall performance can be presented as the sum of performance indicators at each step;
2. The structure of a task must be defined for any number of steps n and not depend on that number.

3. At each step, the state of the system is determined by the finite number of "m" state parameters and controlled by the finite number of "r" variables, with m and "r" not depending on the number of steps "n".

4. The choice of "k" step does not affect the previous steps, and the state at the beginning of this step is the function of only the previous step and the control selected on it.

Dynamic programming processes can take different forms. We propose an analytical model of the process of making a well-founded solution, which will be both fairly general and computational. This model is conditionally stationary because it assumes that the investment-construction project of a toll road is executed for a short period of time. To describe the work of the system, Markov processes of decision-making are used, and for optimization – methods of discrete and dynamic programming, in accordance with the general concept of analysis and optimization of multi-step tasks.

Markov problem of decision, described in R. Howard's work [5], is the task of mathematical programming, which is applicable to multi-step decision-making tasks at risk.

In them, the process of changing the state of any system is that at random moments of time $t_0, t_1, t_2, \dots, t_k$ the system is manifested in one or another prior known discrete state in a consistent manner.

This random sequence of events is called the Markov chain, if for each step the probability of transition from one state "S_i" in any other "S_j" does not depend on when and how the system went into "S_i".

The Markov chain is described with the help of probability states, and they form a complete group of events, so their sum is equal to one.

Consequently, an investment and construction project of a toll road will be a system that at any fixed time can be in one of the numerical states (stage of project execution), which is numbered as $E_j = 1, 2, \dots, N$ and assume that at discrete moments of time $t = 0, 1$, the system moves from one state to another.

In addition, processes of state change are not deterministic, but stochastically controlled by a transition matrix:

$$P = (P_{E_i;E_j}),$$

where: $P_{E_i;E_j}$ the probability of transition of the condition from the stage "i" to the stage "j" of the investment and construction project of the toll road.

We introduce the following functions: $X_t(E_i)$ – the probability that the system at the time (t) is in the state of $E_i = 1, 2, \dots, N$, provided that $t = 1, 2, \dots$

Then, according to the theory of probability:

$$X_{t+1}(E_j) = \sum_{i=1}^N P_{E_i;E_j} \times x_t(E_i), E_j = 1, 2, \dots, N$$

$$x_0(E_i) = C_i.$$

Given that in the theory of Markov processes, the asymptotic behavior of a function is considered $x_t(E_i)$, at $t \rightarrow \infty$ and if all transitional probabilities $P_{E_i;E_j}$ positive then the definite functions approach the values $x_t(E_i)$, satisfying the equation of "stationary regime":

$$X(E_j) = \sum_{i=1}^N P_{E_i;E_j} \times x(E_i), E_j = 1, 2, \dots, N$$

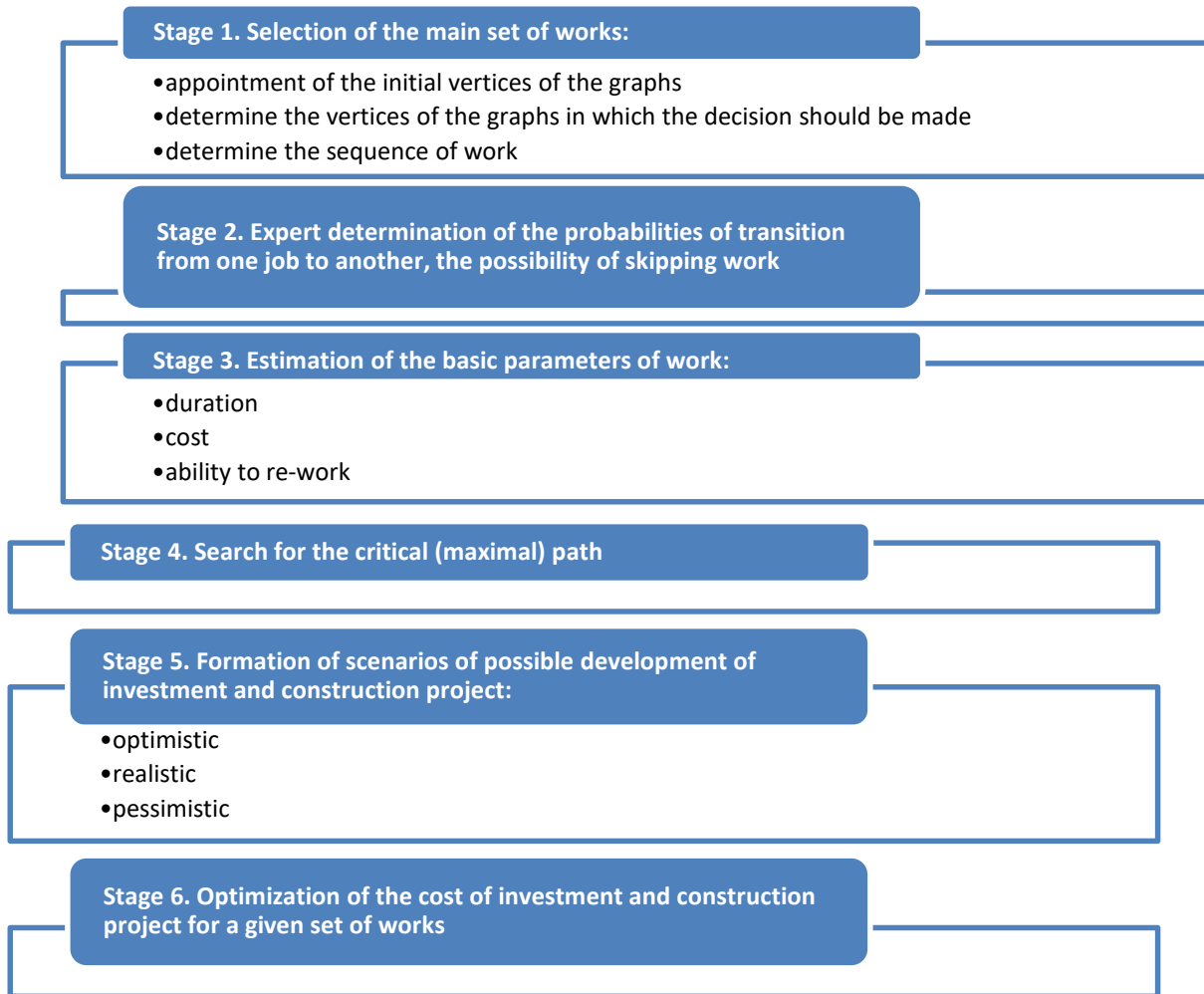


Fig. 1. Algorithms for constructing an economical-mathematical model for optimizing the costs of an investment-construction project of a toll road.

Source: compiled by the author.

In this model, at each step, one of the sets of such matrices can be selected as a transition matrix, accordingly, we can select a matrix for determining the policy $\alpha (P_{(\omega)} = (P_{Ei;Ej}(\alpha)))$.

Next, let's assume that not only the fortune changes at each step, but also the costs associated with the development of the project, which is the function of the initial and final state and decision. In this case, the expression $R_{(\omega)} = (r_{Ei;Ej}(\alpha))$ is a cost matrix..

The process described above is the Markov process of decision making, therefore, the essence of the problem solution is to choose a sequence of decisions, which minimize the mathematical expectation of the costs incurred in the N-step process, at a given initial state of the system.

Let it $\alpha_1^1; \alpha_2^1; \alpha_3^1$ – alternative variants of implementation of the investment project in period “I” and $h_1^1; h_2^1; h_3^1$ – the corresponding expenses for the implementation of the project for these options in period “I”.

Since alternatives to the implementation of the project arise at each of the stages, designate for the II period alternate project implementation and their costs

$\alpha_1^2; \alpha_2^2; \alpha_3^2$ and $h_1^2; h_2^2; h_3^2$. Then for the III period, alternative variants of the project implementation and their costs will be $\alpha_1^3; \alpha_2^3; \alpha_3^3$ and $h_1^3; h_2^3; h_3^3$.

The solution to the task of minimizing costs is carried out in stages and begins with the search for a minimum number of costs in the III period. Then such procedures are repeated for the II and I periods. The final decision on the development of the project is formed from a consistent choice, starting with the first period of such alternatives, at which the cost index is minimal.

Uncertainty and risk factors are assessed by experts as possible additional costs at each of the stages of the development of an investment and construction project and determined using non-formalized subjective assessment methods. In some cases, the magnitude of the influence of these factors can be determined on an objective basis (for example, on the basis of statistics on the progress of adverse events on similar objects).

Accordingly, the main task is to build an optimal solution in all three stages of choosing a minimum cost indicator taking into account the component of uncertainty and risk. To do this, the probability of its occurrence and the value of gain (the cost minimization,

taking into account the component of uncertainty and risk) is calculated, which can be obtained taking into account this probability. The calculation is performed for each vector of decisions from the initial node of decision-making to the final node of the corresponding result, with the selection of the branch, which leads to the maximum gain and return to the previous decision node, which assigns this value to the winnings.

Construction of the economic-mathematical model is reduced to the task of managing the process of developing an investment project, the algorithm for solving which consists of the following main stages.

Conclusions

1. Investment and construction projects in the sphere of motor transport infrastructure are always complex, large-scale and costly. Their realization affects the various components (economic, socio-cultural, ecological, industrial.) of the socio-economic system of the territory and accordingly requires the application of various models of management of them both at the design stage and in the process of implementation.

2. The proposed model may prove to be a powerful tool in the operational management of the project development process, on the basis of which the graphs and the plan for its implementation will be built in the future. Thus, interested parties (public or private partners), using the developed model, are able to quickly make decisions not only before the start of the investment and construction project, but also during its implementation, as well as to receive detailed information about possible losses at the decision points.

References

1. *Vorkut, T. A.* (2008). *Proektnyj analiz*. Kyiv. UTsDK.
2. *Zalunin, V. F., Schehlova, O. Yu., Lazhe, M. V.* (2013). Estimation of economic efficiency of construction of highways. *Derzhava ta rehiony*. Vol. 2 (71). 55-59.
3. *Zatonats'ka, T. H.* (2013). Ways of formation of modern transport infrastructure in Ukraine. *Finansy Ukrainy*. Vol. 8. 54-61.
4. *Heiets, V. M.* (2010). *New course: reforms in Ukraine. 2010-2015*. Kyiv. NVTs NBUV.
5. *Hovard, R. A.* (1964). *Dynamic Programming and Markov Processes*. Moscow.
6. *Bastiat, F.* (2005). *Sophismes Economique France*: Belles Lettres.
7. *Drucker, P. F.* (1995). *Managing for the Future*—1st ed. Plume.
8. *Eijgenraam, C. J. J., Koopmans, C. C., Prij J., Rosenberg, F. A., Tang, P. J. G., Verster, N.* (2000). OEEI: Evaluatie van infrastructuurprojecten: leidraad voor kostenbatenanalyse, *Tijdschrift Vervoerwetenschap* 31, 28-33.

Список літератури

1. *Воркут Т. А.* Проектний аналіз. Київ. УЦДК. 2008. 440 с.
2. *Залунін В. Ф., Щеглова О. Ю., Лажє М. В.* Оцінка економічної ефективності будівництва автомобільних доріг. Держава та регіони Серія: Економіка та підприємництво. 2013. № 2 (71). С. 55–59.
3. *Затонацька Т. Г.* Шляхи формування сучасної транспортної інфраструктури в Україні. *Фінанси України*. 2013. № 8. С. 54–61.
4. *Гейця В. М.* Новий курс: реформи в Україні. 2010-2015. Київ. НВЦ НБУВ. 2010. 232 с.
5. *Ховард Р. А.* Динамическое программирование и марковские процессы. Москва. Издательство "Советское радио". 1964. 189 с.
6. *Bastiat F.* *Sophismes Economique*. France. Belles Lettres. 2005. 290 p.
7. *Drucker P. F.* *Managing for the Future*. 1st ed. Plume. 1995. 384 p.
8. *Eijgenraam, C. J. J., Koopmans, C. C., Prij J., Rosenberg, F. A., Tang, P. J. G., Verster, N.* OEEI: Evaluatie van infrastructuurprojecten: leidraad voor kostenbatenanalyse. *Tijdschrift Vervoerwetenschap*. 2000. №31. P. 28–33.

МОДЕЛЬ ОПТИМІЗАЦІЇ ВИТРАТ ІНВЕСТИЦІЙНО-БУДІВЕЛЬНОГО ПРОЕКТУ ПЛАТНОЇ АВТОМОБІЛЬНОЇ ДОРОГИ

О. М. Загурський, В. В. Куканов

Анотація. Багатоваріантність методів розробки інвестиційно-будівельних проектів призводить до необхідності аналізу існуючих і побудови нових економіко-математичних моделей, що враховують ймовірності здійснення тих чи інших варіантів, а також враховують умови невизначеності і ризику. У сфері автотранспортної інфраструктури інвестиційно-будівельні проекти завжди масштабні та затратні, тому, що їх реалізація впливає на різні складові соціально-економічного розвитку територій. Інвестиційно-будівельні проекти платних автомобільних доріг, взагалі являються складно керованими системами, що змінюють свою конфігурацію в ході багатокрокових процесів. Можливість здійснювати управління такою системою зумовлює виникнення проблеми вибору тих чи інших дій і неминуче призводить до задачі пошуку оптимально доцільного рішення з точки зору управління.

В статті розроблено алгоритм економіко-математичної моделі оптимізації витрат інвестиційно-будівельного проекту платної автомобільної дороги в умовах невизначеності та ризику. Опис робіт системи виконано на основі «марковських» процесів прийняття рішень, а оптимізація витрат здійснена методами дискретного та динамічного програмування, відповідно до загальної концепції аналізу і оптимізації багатокрокових завдань.

Запропонована модель може бути інструментом в оперативному управлінні процесом розробки інвестиційно-будівельного проекту, на основі якого в

подальшому будуть побудовані графіки і календарний план його реалізації.

Ключові слова: витрати, динамічне програмування, інвестиційно-будівельний проект, економіко-математична модель, платна автомобільна дорога, ризик.

МОДЕЛЬ ОПТИМИЗАЦИИ РАСХОДОВ ИНВЕСТИЦИОННО-СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОЕКТА ПЛАТНОЙ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ

О. Н. Загурский, В. В. Куканов

Аннотация. Многовариантность методов разработки инвестиционно-строительных проектов приводит к необходимости анализа существующих и построения новых экономико-математических моделей, учитывающих вероятности осуществления тех или иных вариантов, а также учитывающих условия неопределенности и риска.

В сфере автотранспортной инфраструктуры инвестиционно-строительные проекты всегда масштабные и затратные, поэтому, что их реализация влияет на различные составляющие социально-экономического развития территорий. Инвестиционно-строительные проекты платных автомобильных дорог, вообще являются сложно управляемыми системами, изменяющими свою конфигурацию в ходе многошаговых процессов. Возможность осуществлять управление такой системой обуславливает возникновение проблемы выбора тех или иных действий и неизбежно приводит к задаче поиска оптимально целесообразного решения с точки зрения управления.

В статье разработан алгоритм экономико-математической модели оптимизации затрат инвестиционно-строительного проекта платной автомобильной дороги в условиях неопределенности и риска. Описание работы системы выполнено на основе марковских процессов принятия решений, а оптимизация расходов осуществлена методами дискретного и динамического программирования, согласно общей концепции анализа и оптимизации многошаговых задач.

Предложенная модель может быть инструментом в оперативном управлении процессом разработки инвестиционно-строительного проекта, на основе которого в дальнейшем будут построены графики и календарный план его реализации.

Ключевые слова: расходы, динамическое программирование, инвестиционно-строительный проект, экономико-математическая модель, платная автомобильная дорога риск.

УДК 631.3

ДЕЯКІ АСПЕКТИ ІНФОРМАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РОБОТОЗДАТНОСТІ СКЛАДНОЇ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ

А. В. Новицький, С. С. Карабиньош

Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна.

Кореспонденція авторів: Novytskyu@nubip.edu.ua, karabinioshss@ukr.net.

Історія статті: отримано – березень 2018, акцентовано – травень 2018.

Бібл. 12, рис. 2, табл. 0.

Анотація. Одним із основних напрямків технічної експлуатації складної сільськогосподарської техніки є її ефективне функціонування на основі сучасних технологій забезпечення надійності із застосуванням засобів контролю параметрів їх технічного стану. В складних сільськогосподарських машинах передбачається автономне обладнання, яке за допомогою відповідних датчиків інформує про реальний стан системи та передає інформацію на пульт керування. Інформація про технічний стан техніки важливий для оцінки досягнутого рівня її надійності та прийняття рішень, з одного боку щодо її підвищення при проектуванні та виробництві, а з іншого боку – для забезпечення працездатного стану в процесі експлуатації.

Для аналізу стану технічного рівня машин і обладнання в галузі точного тваринництва, автоматизації та роботизації був проведений патентний огляд, в результаті якого підібрана відповідна інформація з метою систематизації, аналізу і визначення тенденцій розвитку вказаного напрямку. Встановлено, що при неруйнівних дослідженнях із реалізацією лазерів безперервного випромінювання для генерації резонансних мод коливань високого порядку і пошуку аномалій у інтерференційних смугах у відновлених голограмах і отриманих методом усереднення за часом, є ефективним застосування ультразвукового збудження як навантаження. Голографічну інтерференцію із імпульсними лазерами, як було встановлено, доцільно застосовувати при дослідженнях на втому, а також матеріалів на міцність при використанні механічного згину ріжучого елемента, що включає вертикально встановлений шнек із закріпленими на ньому ножами. Для отримання інтерференційних смуг на поверхні молотків чи дек, використовують випромінювання лазера із двома хвилями різної довжини.

Реалізація представлених методичних підходів сприяє зменшенню випуску дефектної продукції, запобігає виникненню аварійних ситуацій в процесі експлуатації і створює у споживача впевненість про високу якість сільськогосподарської техніки.

Ключові слова: сільськогосподарська техніка, технічні системи, стани, надійність, голографія, інтерферометрія, неруйнівний контроль, машина, система, деталі.

Постановка проблеми

Для ефективного функціонування складної сільськогосподарської техніки як складних технічних систем (СТС), необхідно володіти інформацією про основні показники її роботи. Тому, в сучасних складних сільськогосподарських машинах передбачається автономне обладнання, яке за допомогою відповідних датчиків інформує про реальний стан системи та група датчиків, що передає інформацію на пульт керування. Упорядкованість в роботі СТС досягається об'єднанням результатів постійного моніторингу про стан функціонування машини, її обробку і формування команд автоматизованого контролю за допомогою спеціального комп'ютерного обладнання.

Важливо, по-перше, володіти інформацією про технічний стан складної сільськогосподарської техніки для оцінки досягнутого рівня надійності та прийняття рішень виробником для його підвищення, а по-друге – для забезпечення працездатного стану при виконанні машиною технологічних операцій. Якщо в першому випадку може бути використано періодичний збір та аналіз інформації для умов машинобудівного виробництва, то в другому – ефективніше використовувати безперервний контроль параметрів техніки в процесі експлуатації, які визначають її справність або ж працездатність [4, 5, 9].

Сучасна складна сільськогосподарська техніка, включаючи машини та обладнання для тваринництва, розвивається в напрямку підвищення надійності машин, продуктивності і якості виконання технологічних операцій, активного використання в конструкціях досягнень інформаційних технологій. Світовий ринок засобів для приготування і роздавання кормів (ЗПРК) за останні 10 років став одним з тих, що найбільш динамічно розвиваються. Так, якщо в 1995 році кормозмішувачі-роздавачі випускали 5 зарубіжних фірм, то до 2005 року кількість лише великих виробників вказаних машин досягла понад 20 фірм. В останні роки в світі понад 120 компаній зайняті виробництвом ЗПРК, у тому числі організовано їх випуск в Україні, Білорусі, Росії [2, 8].

Аналіз останніх досліджень

Проведений аналіз літературних джерел [4, 5, 9] та власні дослідження авторів [6-8] показали, що на сьогоднішній день, для ефективного використання складної сільськогосподарської техніки закордонного виробництва використовуються способи і принципи інформаційного забезпечення систем контролю їх технічного стану. Вказані системи різні за технічним виконанням, можливостям та принципом роботи знайшли своє широке застосування в мобільних енергетичних засобах та складній сільськогосподарській техніці.

Для вибору найбільш ефективної системи для кожного окремого прикладу необхідно чітко розуміння про їх призначення, споживчі властивості та функціональні можливості. Це створює передумову до систематизації і структурування інформації про системи контролю технічного стану складної сільськогосподарської техніки з метою підвищення її надійності.

На основі аналізу наукової літератури і накопиченого фахівцями досвіду проведення ремонтно-профілактичних робіт на підприємствах технічного сервісу і ремонту, зроблено висновок про те, що в останні роки не в повному обсязі використовуються всі можливості для якісного технічного обслуговування і ремонту (ТОР) сільськогосподарської техніки, реалізації показників її ремонтпридатності [3, 8].

Аналізом було встановлено, що недостатня наявність, а іноді і повна відсутність необхідної інформації, значно ускладнює, а в окремих випадках виключає можливість проведення якісного технічного обслуговування і ремонту сільськогосподарської техніки. Разом з тим, було встановлено, що для пошуку та обробки вже наявної інформації витрачається багато часу, причому в силу ряду суб'єктивних ознак вона може бути спотворена, не повністю відображена або ж надходити несвоєчасно.

Мета досліджень

Виходячи з цього, метою статті є дослідження технічного стану та забезпечення надійності складної сільськогосподарської техніки в процесі експлуатації та при організації робіт з технічного обслуговування за рахунок використання сучасних інформаційних технологій та вивчення можливості реалізації комп'ютерної голографії і спекл-інтерферометрії.

Результати досліджень

Сучасна складна сільськогосподарська техніка, включаючи машини та обладнання для тваринництва розвивається в напрямку збільшення терміну служби та надійності машин, продуктивності та якості виконання технологічних операцій, активного використання в конструкціях досягнень електроніки, комп'ютерних та інформаційних технологій.

Машини та обладнання для тваринництва відрізняються довговічністю, зручністю монтажу та обслуговування. Техніка настільки різноманітна по конструктивному виконанню і функціональних можливостях, що дає широкі можливості з комплектування оптимального складу парку техніки з урахуванням усіх особливостей підприємства: розміру ферми, рівня розвитку інфраструктури та технічного оснащення, технології годівлі та раціонів, тощо.

Не зважаючи на значну різноманітність конструктивного виконання ЗПРК, покупців хвилює, в першу чергу: фактичний рівень надійності; яким робочим органам віддати перевагу: горизонтальним або вертикальним; відповідність якості кормової суміші зоотехнічним вимогам. В останні роки окремі моделі самохідних ЗПРК оснащуються відеокамерами заднього виду, джойстиками управління, повноприводними шасі, автоматизованими системами діагностики.

Для аналізу стану рівня техніки в галузі точного тваринництва, автоматизації та роботизації був проведений патентний огляд, в результаті якого підібрана відповідна інформація з метою систематизації і аналізу відібраних документів і визначення тенденцій розвитку вказаного напрямку. Глибина пошуку склала понад 10 років (2005-2016 рр.), що обумовлено тим, що перші патенти для сільського господарства, які містять елементи точного тваринництва, включаючи технології глобального позиціонування (GPS), географічні інформаційні системи (GIS), технології оцінки продуктивності тварин та інші отримали найбільший розвиток період 2005-2015 років.

Цікавою, з точки зору дослідження умов роботи, якості подрібнення-змішування і технічного стану, механізму подрібнення-змішування ЗПРК є пристрій для перемішування і різання кормів для тварин [12]. Пристрій включає ємкість з бічною стінкою, що обертається, ріжучий елемент, що включає вертикально встановлений шнек із закріпленими на ньому ножами, який розташований всередині ємкості. Особливість конструкції шнека полягає в тому, що є можливість управління приводним пристроєм. Бункер має отвір із заслінкою, положення якої регулюється. Пристрій містить блок позиціонування для управління колесами і заслінкою бункера. Шнек із ріжучими елементами обертається навколо осі обертання за допомогою мотор-редуктора, робота якого керується блоком управління.

Заслугове на увагу при дослідженні засобів для приготування і роздавання кормів система управління роботизованим міксером-кормороздавачем [10]. Система управління складається з наступних основних складових: бункера з вертикальними шнеками і транспортером для роздавання, кабіни оператора, механізму руху транспортера, бункер-циклону для залишків корму та пристрою для його збору, електроприводу для коліс залізничної платформи. Інформаційний блок включає додатково введені тензодатчики ваг, адаптер, мікроконтролер, блок тестового режиму, навігатор, роутер WiFi,

камери переднього, заднього і бункерного виду, перетворювач відеосигналу в цифровий.

Серед розглянутих патентів та з метою аналізу ЗПРК та їх механізмів, заслуговує на увагу пристрій для контролю гостроти ріжучої крайки ножа [11]. Пристрій для контролю гостроти ріжучої крайки ножа дробарки включає джерело світла у вигляді лазера і камеру. Принцип роботи пристрою полягає в тому, що лазер випускає промінь в напрямку одного з ножів дробарки. Промінь формується оптичним приладом, циліндричний об'єкт якого встановлено між лазером і ножом. Для того, щоб отримати розгорнутий промінь в площині, що перетинає ріжучу крайку ножа, використовують дзеркало, встановлене на поверхні ножа і створює профіль опорної лінії зображення перетину ножа. Додаткові камери встановлені з метою проведення спостережень за опорною лінією на додатковому дзеркалі під ненульовим кутом до площини розгорнутого променя, як правило, під кутом в межах від 45 до 135°.

Разом з тим, було проаналізовано ряд наукових праць авторів, в яких представлені класифікація робочих органів ЗПРК [7] та дослідження робочих органів кормодробарок з використанням технологій комп'ютерної голографії [6]. Систематичне проведення операцій контролю на різних стадіях технологічного процесу і статистична обробка результатів дозволяє визначити періоди, на яких виникають дефекти, а це дає можливість встановити і усунути причини виникнення браку.

При цьому змінюється сама сутність операцій контролю, які з пасивного фіксуючого якості готових виробів, стають активним методом керування технологічним процесом.

При неруйнівних дослідженнях із реалізацією лазера безперервного випромінювання для генерації резонансних мод коливань високого порядку і пошуку аномалій у інтерференційних смуг у відновлених голограмах і отриманих методом усереднення за часом, є ефективним застосування ультразвукового збудження як навантаження.

Комп'ютерну голографію, як було встановлено, доцільно застосовувати при дослідженнях на втому, а також матеріалів на міцність при використанні механічного згину ріжучого елемента, що включає вертикально встановлений шнек із закріпленими на ньому ножами. Для отримання інтерференційних смуг на поверхні молотків чи дек, використовують випромінювання лазера із двома хвилями різної довжини. Робота імпульсного лазера із одночасною генерацією двох хвиль різної довжини проведена із розділенням контурів. Цей метод базується на такому виборі відстані до еталона (резонансного відбивача), при якій два відбиті пучка знаходяться в межах ширини лінії флуоресценції оптично накачаного рубіна. Інтервал між лініями різних рівнів поверхні визначають як [1, 6]:

$$I = \lambda_1 \cdot \lambda_2 (2 \cdot \Delta\lambda \cdot \cos \frac{Q}{2}), \quad (1)$$

де: λ_1, λ_2 – довжини хвиль випромінювання лазера, мкм;

$\Delta\lambda$ – різниця довжин хвиль, мкм;

Q – кут між напрямком споглядання і напрямком освітлення, рад.

Розподіл навантажень дозволяє вивчати не тільки окремі зони на деталі, а також спряжені поверхні. Обробка поверхонь не впливає на якість проведення контрольних операцій, навіть у виробничих умовах.

Голографія ж дозволяє проводити вимірювання трьохмірних дифузійно відбиваючих неплоских поверхонь, особливо, для деталей машин з приготування кормів. Смуги, що появляються на зображенні молотка (світлі і темні), являють собою контури рівного переміщення частини поверхні об'єкта вздовж осі спостереження, а кожна наступна смуга відображає зміщення, рівне приблизно половині довжини хвилі джерела когерентного випромінювання, використаного при відновленні голограми.

Розрізняють такі основних варіанти методу голографічної інтерферометрії.

1) Статична двоекспозиційна інтерферометрія. Запис проводять на одну і ту ж фотопластинку – до і після прикладення статичного навантаження;

2) Динамічна інтерферометрія із усередненням за часом. Метод базується на подовженій експозиції об'єкта, який знаходиться під дією циклічного чи вібраційного навантаження, під час якого проходить інтерференція між сукупністю окремих зображень. Найбільш чітко проявляються смуги, записані при швидкості зміни стану об'єкта, близького до нуля - в крайніх амплітудних положеннях;

3) Голографічна інтерферометрія в реальному масштабі. За цим методом проводять запис голограми нерухомого об'єкта, її повністю обробляють і вертають точно на те саме місце в голографічній установці. Потім об'єкт, який досліджують спостерігають через голограму. Любе зміщення об'єкта приводить до виявлення інтерференційних смуг в реальному масштабі часу;

4) Комп'ютерна голографія – найсучасніший її вияв, коли застосовують програмне забезпечення для створення умов запису голограм в цифровому виді при математичній обробці отриманих результатів.

Голограма показує картину зміщення деталі в проміжку між двома експозиціями – двоекспозиційна голографія. Проведені автором дослідження дали змогу вперше встановити умови визначення станів поверхонь деталей і вузлів сільськогосподарських машин близьких до граничних або відповідаючих їм. В наслідок того, що обидва хвилеві фронти, один із яких несе світлову інформацію із поверхні відбиття, а інший є опорним, сумуються в площині емульсії, то розподіл інтенсивності запису на голограмі визначиться через [6]:

$$I = |U_{0_1}|^2 + |U_{0_2}|^2 + |U_r|^2 + U_r^* \cdot |U_{0_1} + U_{0_2}| + U_r \cdot (U_{0_1}^* + U_{0_2}^*), \quad (2)$$

де зірочка вказує на комплексно-спряжену функцію;

U_r – опорна хвиля, м.

Відновлений хвилевий фронт, при цьому буде пропорційний хвильовому фронту зображення [1, 2]:

$$U_i = \left(U_{0_1} + U_{0_2} \right). \quad (3)$$

Відновлене зображення описується векторною сумою відповідних полів об'єкта (U_{0_1} і U_{0_2}). Переміщення, що розглядається голографічною інтерферометрією, малі в порівнянні із просторовою протяжністю об'єкта, то окремі поля об'єкта запишуться [1]:

$$\begin{aligned} U_{0_1} &= A_0 \cdot \exp i \cdot k \cdot \varphi_1; \\ U_{0_2} &= A_0 \cdot \exp i \cdot k \cdot \varphi_2. \end{aligned} \quad (4)$$

Тоді розподіл інтенсивності (індекс позначає хвилювий ефект об'єкта у випадку двох експозицій), то відновлене зображення запишеться [5]:

$$\begin{aligned} I_{i_d} &= |U_r|^2 \cdot \alpha \cdot 2 \cdot |A_0|^2 \times \\ &\times \left\{ 1 + \cos \left[k \cdot (\varphi_{0_2} - \varphi_{0_1}) \right] \right\}, \end{aligned} \quad (5)$$

де $k = 2\pi/\lambda$, $\varphi_{0_2} - \varphi_{0_1}$ – додаткова довжина шляху променів, яка появляється в результаті зміщення об'єкта, м.

Голографічна інтерферометрія дозволяє знайти і виміряти незначні зміни форми поверхні шляхом порівняння кожної точки на поверхні деталі із її зміненним станом. Надзвичайна чутливість метода до поверхневих деформацій дозволяє вивчити характеристики окремих частин об'єкта, спостерігаючи переміщення його поверхонь під дією малих навантажень [1, 6]. Цей метод містить в собі великі потенційні можливості для вирішення різноманітних задач неруйнівного контролю у виявленні різних дефектів.

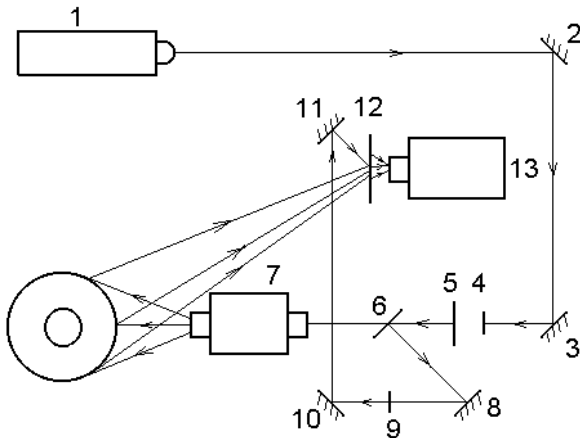


Рис. 1. Оптична схема системи ОРТОКАТ для створення комп'ютерних голограм.

Особливо зростає його роль в умовах автоматизації виробництва – ефективного засобу удосконалення технологічного процесу, як невід'ємна і рівноправна ланка, яка здатна:

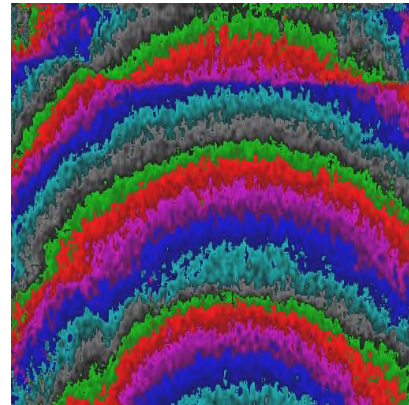
- визначити якість виробу;
- визначити міцність, стійкість до різного роду навантажень та впливу зовнішнього середовища;
- націлити на краще конструктивне і технологічне рішення;
- підтримати марку фірми;

- запобігти виникненню небезпечних ситуацій і підвищити безпеку праці;
- знизити вартість виробництва.

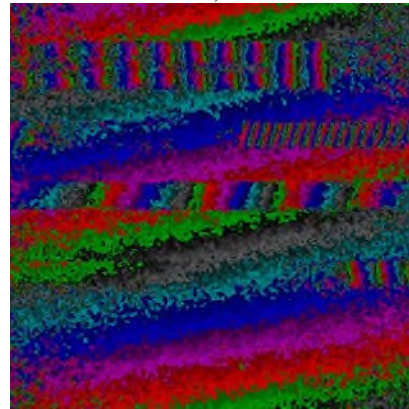
Для досліджень була використана система [6].

В залежності від використовуваного методу контролю, алгоритми обробки первинної інформації можуть відрізнятися, але кінцевий результат має вигляд, який найбільш є придатним людського сприйняття, наприклад, зображення контрольованого об'єкта (у плані, схематичне або у виді тривимірної проекції) на яке нанесений розподіл шуканої фізичної величини (наприклад, карта дефектів і їхні фізичні параметри), комп'ютерна голограма, спекл-інтерференційна картина, термограма та інше.

Комп'ютерна голографія відкриває широкі перспективи у наукових дослідженнях, які пов'язані із визначенням стану нових та зношених деталей кормодробарок. Проведено дослідження фізичного стану робочих органів кормодробарок таких, як молоток (рис. 2, а) та дека (рис. 2, б) кормодробарки.



а)



б)

Рис. 2. Комп'ютерні голограми зношених деталей кормодробарки: а – молотка; б – дека.

Застосування комп'ютерної голографії у поєднанні із мікрометражем при дослідженні динаміки зношування та оцінки допустимих і граничних параметрів молотків і дек є новим, перспективним напрямком забезпечення надійності кормодробарок і подрібнювачів кормів. Застосування методів неруйнівного контролю дає можливість досягнути встановленого нормативно-технічної документацією рівня надійності сільськогосподарської техніки та її техніко-економічної ефективності.

Висновки

1. Реалізація представлених методичних підходів сприяє зменшенню випуску дефектної продукції, створює у споживача впевненість у високій якості сільськогосподарської техніки та запобігає виникненню аварійних ситуацій в процесі її експлуатації.

2. Важливими і актуальними в напрямі підвищення надійності складних технічних систем, могли б бути наукові роботи, в яких були б відображені аспекти інформаційного забезпечення складної сільськогосподарської техніки, та відповідність інженерно-психологічним вимогам до машин. В цьому контексті, перспективними є дослідження інженерно-психологічних вимог до машин: до засобів відображення інформації; до органів керування; до побудови системи відображення і виведення інформації.

Список літератури

1. Boone P., Vanspeybroeck Ph., Karabinesh S. S. Brittle crack propagation in plastics pipes analyzed by holographic interferometry - Brussels, Nondestructive testing and image processing, 1997. Session 5. P. 325–334.
2. http://yariks.info/kormoproizvodstvo/kp_005.
3. Аристов А. И., Волков П. Н., Зубицкий Л. Г., Есин Б. И. Ремонтпригодность машин. Москва. Машиностроение. 1975. 368 с.
4. Аулін В. В., Гриньків А. В., Лисенко С. В. Теоретико-фізичний підхід до діагностичної інформації про технічний стан агрегатів мобільної сільськогосподарської техніки. Вісник ХНТУСГ імені Петра Василенка. Харків. 2015. Вип. 158. С. 252–262.
5. Калініченко Д. Ю., Роговський І. Л. Штучні когнітивні системи в процесах технічного обслуговування зернозбиральних комбайнів. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2017. Вип. 262. С. 353–361.
6. Карабинеш С. С. Голографія. Контроль качества деталей. Германия, Саабрюкен, Ламберт. 2016. 233 с.
7. Новицький А. В., Новицький Ю. А. Класифікація робочих органів типу «ніж» засобів для приготування і роздавання кормів. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2017. Вип. 262. С. 287–296.
8. Новицький А. В., Новицький Ю. А. Технічна оцінка споживчих якостей сільськогосподарської техніки. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2017. Вип. 264. С. 293–303.
9. Полянський А. С., Дубинин Е. А., Плетнев В. Н. Пастухов В. И. Перспективные системы повышения надежности и устойчивости средств транспорта. Технический сервис агропромышленного, лесового та

транспортного комплексів. Харків. 2014. Вип. 1. С. 145–150.

10. Калініченко Д. Ю., Роговський І. Л. Математичний апарат опису маршруту технічного обслуговування зернозбиральних комбайнів з урахуванням виявлення комбінацій відмов. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК [Scientific Herald of National University of Life and Environmental Science of Ukraine. Series: Technique and energy of APK]. Київ. 2018. Вип. 282. С. 337–346.

11. Устройство для контроля остроты режущей кромки ножа CLAAS AG-ROSYSTEMS KGAA MBH & CO KG [DE]. Германия. 2014. A01D41/127 G06K9/46.

12. Устройство для перемешивания и резки кормов для животных LELY PATENT NV [NL], Нидерланды, 2015. A01K5/00 A23K1/00 B02C25/00.

References

1. Boone P., Vanspeybroeck Rh., Karabinesh, S. S. (1997). Crude crack propagation in plastics pipes analyzed by holographic interferometry - Brussels, Nondestructive testing and image processing. Session 5, 325-334.
2. http://yariks.info/kormoproizvodstvo/kp_005.
3. Aristov, A. I., Volkov, P. N., Zubitsky, L. G., Yesin, B. I. (1975). Repairability of cars. Moscow. 368.
4. Aulin, V. V., Grinkov, A. V., Lysenko S. V. (2015). Theoretical-physical approach to diagnostic information on the technical condition of aggregates of mobile agricultural machinery. Vestnik KHNTUSG named after Petro Vasilenko. Kharkiv. Vol. 158. 252-262.
5. Kalinichenko, D. Yu., Rogovskii, I. L. (2017). Artificial cognitive systems in processes of technical maintenance of combine harvesters. Scientific Herald of National University of Life and Environmental Science of Ukraine. Series: Technique and energy of APK. Kyiv. Vol. 262. 353-361.
6. Karabinesh S. S. (2016). Holography. Quality control of parts. Germany, Saabrücken, Lambert. 233.
7. Novitsky, A. V., Novitsky, Yu. A. (2017). Classification of working tools of the type "knife" for the preparation and distribution of feed. Scientific herald of the National University of Bioresources and Nature Management of Ukraine. Series: Engineering and Power Engineering of Agroindustrial Complex. Kyiv. Issue 262. 287-296.
8. Novitsky, A. V., Novitsky, Yu. A. (2017). Technical evaluation of consumer qualities of agricultural machinery. Scientific herald of the National University of Bioresources and Nature Management of Ukraine. Series: Engineering and Power Engineering of Agroindustrial Complex. Kyiv. Issue 264. 293-303.
9. Polyansky, A. S., Dubinin, E. A., Pletnev, V. N., Pastukhov, V. I. (2014). Perspective systems for improving the reliability and stability of means of transport. Scientific Journal. Technical service of agroindustrial, forestry and transport complexes. Kharkiv, Issue 1. 145-150.

10. *Kalinichenko, D. Yu., Rogovskii, I. L.* (2018). Modeling of operations of control parameters of technical state of combine harvesters during maintenance. *Scientific Herald of National University of Life and Environmental Science of Ukraine. Series: Technique and energy of APK.* Kyiv. Vol. 282. 337-346.

11. *Claas AG-Rosystems.* (2014). KGAA MBH & CO KG [DE] (2014). Germany, A01D41/127, G06K9/46. A device for controlling the sharpness of the cutting edge of a knife.

12. *Animal feed mixing and cutting equipment Lely* (2015). Patent NV [NL], Netherlands, A01K5/00 A23K1/00 B02C25/00.

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ СЛОЖНОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

А. В. Новицкий, С. С. Карабиньош

Аннотация. Одним из основных направлений технической эксплуатации сложной сельскохозяйственной техники является ее эффективное функционирование на основе современных технологий обеспечения надежности с применением средств контроля параметров их технического состояния. В сложных сельскохозяйственных машинах предусматривается автономное оборудование, с помощью соответствующих датчиков информирует о реальном состоянии системы и передает информацию на пульт управления. Информация о техническом состоянии техники важна для оценки достигнутого уровня ее надежности и принятия решений, с одной стороны по ее повышению при проектировании и производстве, а с другой стороны – для обеспечения работоспособного состояния в процессе эксплуатации.

Установлено, что при неразрушающих исследованиях с реализацией лазеров непрерывного излучения для генерации резонансных мод колебаний высокого порядка и поиска аномалий в интерференционных полос в восстановленных голограммах и полученных методом усреднения по времени, является эффективным применением ультразвукового возбуждения в нагрузку. Голографическую интерференцию с импульсными лазерами, как было установлено, целесообразно применять при исследованиях на усталость, а также материалов на прочность при использовании механического сгиба режущего элемента, включая вертикально установленный шнек с закрепленными на нем ножами. Для получения интерференционных полос на поверхности молотков или дек, используют излучение лазера с двумя волнами различной длины.

Реализация представленных методических подходов способствует уменьшению выпуска дефектной продукции, создает у потребителя уверенность в высоком качестве сельскохозяйственной техники и предотвращает возникновение аварийных ситуаций в процессе ее эксплуатации.

Ключевые слова: техническое состояние, надежность, голография, интерферометрия, неразрушающий контроль, машина, система, детали.

SOME ASPECTS OF INFORMATION SUPPORT FOR THE OPERABILITY OF COMPLEX AGRICULTURAL MACHINERY

Novitskiy A. V., Karabinyosh S. S.

Abstract. One of the main areas of technical operation of complex agricultural machinery is its effective functioning on the basis of modern technologies of ensuring reliability with the use of means of controlling the parameters of their technical condition. In complex agricultural machines, stand-alone equipment is provided, which, with the help of appropriate sensors, informs about the actual state of the system and transmits information to the control panel. Information on the technical state of the equipment is important for assessing the level of its reliability and decision-making, on the one hand, on its increase in design and production, and on the other hand, in order to ensure the working status during operation.

For the analysis of the state of the technical level of machinery and equipment in the field of precision livestock breeding, automation and robotization, a patent review was carried out, which resulted in the selection of relevant information for the purpose of systematization, analysis and identification of trends in the development of this area. It is established that in the non-destructive research with the implementation of lasers of continuous radiation for the generation of resonant modes of high-order oscillations and the search for anomalies in interference bands in restored holograms and obtained by averaging over time, the application of ultrasonic excitation as a load is effective. Holographic interference with pulsed lasers, as it has been established, should be used for fatigue studies, as well as materials for durability when using the mechanical bend of a cutting element, which includes a vertically mounted screw with knives fixed to it. To obtain interference bands on the surface of the hammer or deck, laser radiation with two waves of different lengths is used.

The implementation of the presented methodological approaches helps to reduce the production of defective products, prevents emergencies in the process of exploitation and creates the consumer's confidence in the high quality of agricultural machinery.

Key words: agricultural machinery, technical systems, conditions, reliability, holography, interferometry, non-destructive control, machine, system, details.

UDC 681.511.4:664.1

PHYSICAL AND CHEMICAL PARAMETERS OF CHOPS MODEL COMPOSITIONS WITH USING OF FLAX SEED

Veretynska I. A., Sukhenko Yu. G., Slobodyanyuk N. M.

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Ukraine.

Corresponding authors: slob2210@ukr.net.

Article history: Received: March 2018. Received in the revised form: April 2018. Accepted: May 2018.

Bibl. 11, fig. 0, tabl. 3.

Abstract. Physical and chemical parameters of chops model compositions using flax seeds was studied. Found that using of flax seeds in the chops model compositions in the amount of 5% promotes the water-retaining capacity, therefore, the texture and richness of products are improved.

Key words: chopped semi-finished products, model compositions, flax seed, fatty stuff, physical and chemical, structural and mechanical properties.

Introduction

Chopped semi-finished products are made from minced meat. These are burgers, steaks, schnitzels, round steaks. Except using of raw meat in their production melange, egg powder, wheat bread, soy and milk protein preparations, plasma, onions and vegetables (cabbage, potatoes, carrots) and rusks flour and spices are used.

Formulation of Problem

Natural semi-finished products from only chopped meat are rarely made due to technological reasons, in particular because of poor structure of meat, as well as economic reasons. Other ingredients that are used in the manufacture of chopped semi-finished products are usually cheaper than meat, which reduces the cost of the final product. Such additives like bread, potatoes, egg products, meat proteins stabilize the structure and improve the consistency of finished products [1, 2].

Analysis of Recent Research Results

Cutlets, steaks, schnitzels, rump steaks, minces are produced in chilled and frozen state. Chopped semi-finished products, which are produced only in frozen state include meatballs, knels, croquettes, dumplings, curd dumplings and ravioli [3, 4].

Frozen food market today is quite developed, and frozen foods have become a fixture of life in the big city. Their use can significantly reduce the cooking time, give some free time for consumers to communicate with family and friends [5, 6].

The most popular semi-finished meat products remain to ravioli group. At the same time the leading position in growth rate chopped semi-finished products have: the annual growth of production is 10–15%, which is two times higher than the increase in production of ravioli (5–7% per year). The reason for such significant growth in demand for chopped semi-finished products groups is increasingly widespread development of fast food chains, many of which include burgers and other minced meat dishes in the menu [7, 8, 9, 10].

One way to improve the quality of products and improve the structure of nutrition in the diet is the introduction of new non-traditional types of material of vegetable origin. Created products should contain a balanced set of proteins, lipids, minerals, vitamins, and ballast substances, also should have high taste properties. Such kind of products in the future semi-finished product produced with the use of flax seeds in the recipe will become.

Flax seed is a special dietary food product, which has unique properties. It contains protein of high biological activity, which in its composition is close to the ideal protein. According to the literature, flax seed is a valuable source of various biologically active substances. It contains 18 - 20% protein, 29 - 43% lipids, 20 - 22% carbohydrates, 3,5 - 5,0% ash. The content of chemical substances in flax seed depends on the degree of maturity, features of a variety and the area of cultivation.

In this context, and due to the lack of functionalities in Ukrainian food products market scientific basis and development of chopped semi-finished products technology using functional ingredients of plant origin, including flax seed is important.

Purpose of Research

The aim of this study was to investigate the possibility of using flax seed in the technology of meat products, including chopped semi-finished products.

Results of Research

The study was conducted in the laboratory of the department of the meat, fish and seafood of National

University of Life and Environmental Sciences of Ukraine.

In the production of meat products was used: beef meat cutlets (TY Y 46.38.031), trimmed pork fat, drinking water (ГОСТ 2874); bread from wheat flour of first grade (ГОСТ 27842); bread crumbs (ГОСТ 28402); salt of first grade (ДСТУ 3583).

In the experimental samples of chopped semi-finished products fatty material was replaced to flax seed flour in amount of 5% (2nd research sample), 10% (3rd research sample), 15% (4 research sample), respectively. As a control sample chopped semi-finished products were taken manufactured according to ДСТУ 4437.

In the performance experimental studies were carried out by the following methods: moisture content - dry the sample to constant weight at 105 ° C (ГОСТ 4288-76); proteins - determination of total nitrogen by Kjeldahl method (1 Antipova L. et.al. 2001), lipids - accelerated method with the use of butyrometer [11] extraction-weight Soxlet; carbohydrate content - calculated by the actual content of the samples moisture, protein, lipids , minerals; ash content - by ashing method; active acidity - potentiometric method at pH metrminivoltmeter pH-673 M; water-binding capacity - rapid method of Grau and Hamm in the modification of Volovinskoyi, Kelman; moisture and fat-keeping ability and stability of mince - by Salavatulinoyi method, etc., water-binding capacity - by Shoha, water absorption ability - by centrifugation; the maximum voltage shift - using automated penetrometer AP-4/2; adhesion properties - in a laboratory setting by Tyshkevych, weight loss during heat treatment of products - weighing before and after heat treatment (after cooling to a temperature of 40 ± 2 ° C).

The reliability of experimental results was evaluated by mathematical statistics using Student criterion, the degree of confidence – 0,95.

One way to ensure profitability of the meat production enterprise is modernization of finished products. Modern development of food industry has created conditions for the emergence of food combinatorics the process of creating new types of formulations of food by well-founded quantitative selection of basic raw materials, ingredients, food additives, biologically active additives, the combination of which ensures the formation of the desired organoleptic, physico-chemical properties of the product, given level of food, biological and energy value.

In the manufacture of culinary products, including chopped semi-finished products state of moisture in the meat is very important - the amount of moisture held in mince and the form of its relationship with the components of meat. State of water in mince can be represented by the following dynamic scheme: solidly

bound moisture ↔ weakly bound moisture ↔ weakly bound excess moisture.

In this scheme solidly bound moisture is mostly moisture adsorption moisture; weakly moisture provides optimum richness and texture of the product, weakly bound excess moisture appears during heat treatment of the product. The finished product containing as much water as needed to cover its ability to keep solidly and weakly bound moisture has optimal structural and mechanical properties. At the same water content increasing of solidly bound moisture part in mince causes the increasing of its hard creating properties. On the contrary, reducing of its part leads to a shift of balance and the separation of excess moisture during heat treatment of the product - spoilage and reduction of product yield.

Due to the fact that in the production of chopped semi-finished products the amount of moisture held by meat system as well as forms of its relationship with the components of meat has a great practical importance, we have investigated the dependence of water-binding capacity and moisture of model minces on the content of flax seed in it.

The study of physical and chemical parameters of model food compositions of chops (table 1) indicates that the active acidity of prototypes slightly decreases with the increasing of flaxseed flour content, which has a lower pH level.

Thus, the result of experimental studies found that total moisture content in the research samples remained at control sample, but there is a change in the ratio of solidly and weakly bound moisture. Thus, the 2-sample test, with 5% fat substitute with raw flax seed flour the part of weakly boundmoisture by 6,0% lower than in control. This explains the more elastic, tough texture and richness of research sample of cutlet weight compared with controls as it was determined organoleptically. With increasing of flaxseed flour content in the cutlet mass the quantity of weakly bound moisture decreases as water-binding capacity increases accordingly (table 2). In particular, the water-retaining capacity of model food composition of control samples was 41,9%, whereas in the research samples, the figure fluctuated between 60,9% (4th sample) to 64,7% (2nd sample). This difference was statistically significant ($p < 0,05$).

As a result of experimental studies it was found that with increasing of water-binding capacity of meat, water-retaining, on the contrary, decreases. Experimental model samples of food compositions in which the formula 5% of fatty material was replaced to the flaxseed flour (2nd sample) had the best functional and technological properties.

Table 1. Active acidity and quantity of weakly bound moisture in model food compositions with flax seed.

Samples	Active acidity, pH	Moisture content, %	Weakly bound moisture content, %	
			of sample weight	of general moisture
1- control	5,52±0,07	72,6±0,8	26,5±0,7	35,9±1,0
2-research	5,51±0,05	71,8±0,7	24,9±1,2	33,9±1,4
3- research	5,48±0,06	71,5±1,3	23,2*±0,9	32,7*±1,0
4- research	5,47±0,04	71,1±0,9	21,9*±0,8	30,3*±1,1

Note. * Difference with the control sample is statistically correct, $p < 0,05$.

Table 2. Functional and technological parameters of model food compositions.

Samples	Water-binding capacity, %	Water-retaining capacity, %	Fat-retaining capacity, %	Weight loss during heat treatment, %
1- control	41,9±2,1	68,8±0,3	81,9±2,1	18,7±0,9
2-research	64,7*±1,3	67,9*±0,4	83,0±1,9	20,4*±0,6
3- research	62,8*±1,1	66,4*±0,5	83,2±2,2	20,8*±0,4
4- research	60,9*±1,3	66,9*±0,6	83,5±2,3	21,5*±0,7

Note. * Difference with the control sample is correct, $p < 0,05$.

Table 3. Structural and mechanical parameters of model food compositions.

Samples	Boundary shear stress, Pa		Adhesion, Pa
	semi-finished products	finished products	
1- control	412±16	2830±110	2889±90
2-research	408±12	3318*±125	2758±110
3- research	393±17	3318*±120	2954±120
4- research	352*±15	3651*±158	3150*±140

Note. * Difference with the control sample is correct, $p < 0,05$.

Fat-retaining ability of model cutlets with adding of flax seed flour, on the contrary, increased compared with controls: in the recipe where 5% of fatty material was replaced to the flax seed flour (2nd sample) - by 1,6%; in experiment 3 with 10% replacement of the fatty material - by 1,5%. Relative fat-retaining ability of samples increases in direct proportion to the content of flax seed flour in the cutlet weight and therefore decreases in the proportion of fatty material. Thus data of improving the ability of fat-retaining ability in meat products using herbal supplements is proved.

Effect of additives on moisture and ability to determine changes cutlet weight loss when cooked. To determine losses during heat treatment and the content of essential nutrients in the finished product with model compositions flax flour formed patties and fried. Found that during frying samples lost more weight than the control. Thus, the weight loss during frying 2 prototypes with the highest content of flax flour is 21,5%, which is 2,8% more than in controls. These findings are consistent with studies of water-retaining ability of the model compositions flax flour.

Thus, the replacement of more than 15% of fatty material to the flax seed flour is impractical, because it causes the worsening of functional and technological characteristics of the system and organoleptic properties of the finished products.

To assess the influence of flax seed flour on the structural and mechanical properties of model food compositions boundary shear stress and adhesive properties were studied (table 3).

Study of rheological properties of model compositions with flax seeds showed that adding flax seed flour in cutlet weight increases shear stress to the maximum. When replacing 5 and 10% of fatty material shear stress in the cutlet mass is close to its rate in the control, which is 416 Pa.

Adding flax seed flour to the cutlet weight in the amount of 15% (4th sample) increases the adhesion ability in the cutlet weight, on the contrary from 5 and 10%.

After heat treatment (roasting) of semi-finished products of model compositions with flax seeds dependence of shear stress takes the opposite character:

with increasing of flax seed flour content its value increases. It should be noted that in the experiments with the replacement of fatty materials from 10 to 15% the rate of shear stress is higher than the rate in the finished control sample (2830 Pa).

The observed differences in structural and mechanical properties of the control and research samples is coordinated with the results of organoleptic evaluation of finished products and water-retaining capacity of cutlet weight.

Conclusions

1. Thus, according to the obtained data, with the decrease of flax seed flour in semi-finished products water-retaining capacity increases and, consequently, texture and richness of the products improves.

2. Summarizing the data, we can conclude that, due to the consistency of finished meat products, it is reasonable to limit the replacement of fatty material at 5%.

References

- Vinnikova, L. G., Dudkin, M. S., Petukhov, S. D. (1990). Influence of pishevih concentrates of fiber of bran on the technological properties of meat systems. Food technology. No 2-3. 52-54.
- Dmitriev, A., Kotrowski, A., Salahina, E. (2007). Tradicional products of soybean processing in the production of semi-finished products machines. Meat technology. No 9. 72-73.
- Drozdovskaya, L. (2007). Latest technology in the production of semi-finished products. Meat technology. No 11. 39.
- DSTU 4437. (2005). Napupulot m + TA m yaso-roslenn scan. TU.
- Zhuravskaya, N., Alekhine, L., Treshnikov, L. (1985). Research and quality control of meat and meat products. Moscow. Agropromizdat, 296.

6. Kozlov, A. (2007). New possibilities in the production of natural products. Meat technology. No 8. 40-41.

7. Kurchaeva, E., Maksimov I., Manusov, V. (2006). Vegetable protein sources in combined meat products. Food industry. No 1. 90.

8. Kushnir, Y. (2004). Substances that increase the adhesion and the amount of water-binding capacity. The products and ingredients. No 5 (6). 12-13.

9. Lisitsin, A., Litvinova, E., Kotenkova, I., Osipova, G. (2002). Rheological characteristics of ground beef with alginates. The meat industry. No 7. 50-52.

10. Nikolaev, S., Kuznetsova, Y., Bobreneva, I. (2004). Modeling of the formulations of meat chopped semi-finished products. Meat industry. No 10. 51-53.

11. Antipova, L. V., Glotova, I. A., Rogov, I. A. (2001). Research methods of meat and meat products. Moscow. Ear. 376.

Список літератури

1. Винникова Л. Г., Дудкин М. С., Патюков С. Д. Влияние концентратов пищевых волокон отрубей на технологические свойства мясных систем. Известия ВУЗов. Пищевая технология. 1990. №2-3. С. 52–54.

2. Дмитриев А., Котровский А., Салахина Е. Традиционные продукты переработки сои в производстве мясных полуфабрикатов. Мясные технологии. 2007. №9. С. 72–73.

3. Дроздовская Л. Новейшие технологии в производстве полуфабрикатов. Мясные технологии. 2007. № 11. С. 39.

4. ДСТУ 4437:2005. Напівфабрикати м'ясні та м'ясо-рослинні січені. ТУ.

5. Журавская Н., Алехина Л., Отрешикова Л. Исследование и контроль качества мяса и мясопродуктов. Москва. Агропромиздат, 1985. 296 с.

6. Козлов А. Новые возможности в производстве натуральных полуфабрикатов. Мясные технологии. 2007. № 8. С. 40–41.

7. Курчаева Е., Максимов И., Манжесов В. Растительные источники белка в комбинированных мясных продуктах. Пищевая промышленность. 2006. № 1. С. 90.

8. Кушнир Ю. Вещества, повышающие адгезию и величину водосвязывающей способности. Продукты & ингредиенты. 2004. № 5 (6). С. 12–13.

9. Лисицин А., Литвинова Е., Коченкова И., Осипова Г. Реологические характеристики мясного фарша с альгинатами. Мясная индустрия. 2002. № 7. С. 50–52.

10. Николаева С., Кузнецова Ю., Бобренева И. Моделирование рецептур мясных рубленых полуфабрикатов. Мясная индустрия. 2004. № 10. С. 51–53.

11. Антипова Л. В., Глотова И. А., Рогов И. А. Методы исследования мяса и мясных продуктов. Москва. Колос. 2001. 376 с.

ФІЗИЧНІ І ХІМІЧНІ ПАРАМЕТРИ МОДЕЛЬНИХ КОМПОЗИЦІЙ ВІДБИВНИХ ЗА ДОПОМОГОЮ НАСІННЯ ЛЬОНУ

А. І. Веретинська, Ю. Г. Сухенко, Н. М. Слободянюк
Анотація. Були вивчені фізико-хімічні параметри моделей композицій відбивних з використанням насіння льону. Встановлено, що використання насіння льону у котлетних модельних композиціях в кількості 5% підвищує водоутримуючу здатність, тому, текстура і соковитість продуктів поліпшується.

Ключові слова: рубані напівфабрикати, модельні склади, насіння льону, жирні речі, фізико-хімічні, структурно-механічні властивості.

ФИЗИЧЕСКИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ МОДЕЛЬНЫХ КОМПОЗИЦИЙ ОТБИВНЫХ С ПОМОЩЬЮ СЕМЕНИ ЛЬНА

А. И. Веретинская, Ю. Г. Сухенко, Н. М. Слободянюк
Аннотация. Были изучены физико-химические параметры моделей композиции с использованием семян льна. Установлено, что использование семян льна в моделях композиций котлет в количестве 5% повышает водоудерживающую способность, поэтому, текстура и сочность продуктов улучшается.

Ключевые слова: рубленые полуфабрикаты, модельные составы, семена льна, жирные вещества, физико-химические, структурно-механические свойства.

UDC 681.511.4:664.1

ANALYSIS OF TECHNOLOGICAL PROCESS EFFICIENCY OF SUGAR BEET CULTIVATION BASED ON SIMULATION METHOD

Volokha M. P.

Institute of biopower crops and sugar beet of NAAS, Ukraine.

Corresponding author: volmp@i.ua.

Article history: Received: March 2018. Received in the revised form: April 2018. Accepted: May 2018.

Bibl. 22, fig. 0, tabl. 0.

Abstract. The paper considers the technological process of sugar beets cultivation as a single object of modeling. The aim is to investigate the interrelation of separate technological operations and evaluate the technological efficiency of the beet cultivation. The study of technological processes based on the simulation allows us to investigate interconnections, to highlight technical and economic indicators, to evaluate the impact on profitability, to determine the directions of development and ways to improve the technical and technological basis of the beet production industry.

Key words: sugar beets, technological process, technical tool, simulation, pre-sowing tillage.

Introduction

Sugar beet is a highly productive plant that allows receiving high profits while using an integrated approach to the technology of its cultivation. Although specific successes are achieved in the sugar beet cultivation in Ukraine, the constant task is set to increase the yield of sugar beet further, to significantly reduce losses during cultivation and, especially, during harvesting, to improve the technological qualities of raw materials surrendering to the factories.

Given the natural and climatic differences in sugar beet cultivation areas in Ukraine and based on the experience of agrarian countries, the cultivation of sugar beet should develop with high technical and technological reliability. The main priorities for development are high productivity (working width, working speed, etc.), multifunctionality one unit of soil cultivation and sowing operations, inter-row loosening and fertilization, single-phase harvesting of tops and root crops, etc.).

Formulation of Problem

An essential aspect of the sugar beet cultivation technology is careful compliance with all regulatory requirements, namely: optimally-early and short deadlines; ensuring a required depth of seeding when placed on a sufficiently densified bed with a layer of lumps of loosened soil sprinkled; observance of set intervals between seeds. Essential prerequisites for the formation of highly

productive crops are: determining the timing of sowing sugar beet, soil temperature, soil physical properties, i.e., the soil ability to crumble without sticking to the working organs of agricultural machines. Also, it is necessary to take into account the climatic differences between the zones (sufficient, insufficient and unstable moisture) in Ukraine.

The process of growing sugar beet is a complex process and includes several components. The main ones are:

- tillage (spring and pre-sowing);
- soil fertilizing;
- sowing and formation of optimum standing density;
- the fight against weeds, pests, and diseases;
- harvesting with the least losses.

The purpose of tillage for sugar beet is to create favorable conditions for their cultivation. It requires water-air and nutrient soil regimes. All measures are directed to the creation of an arable and transitional layer to structure optimal for the cultivation of sugar beets.

Tillage is in close correlation with the specific soil-climatic conditions of the sugar beet growing area. It is necessary to decide on the choice of the technology of the main and pre-sowing tillage, taking into account the soil specification and weather conditions, technical possibilities, and the timing of sowing. But at the same time, it's important to achieve optimal soil condition for seed germination, growth, and development of sugar beet seeds.

Modern soil tillage tools allow preparing the soil for sugar beet sowing in 1-2 passages. When the soil is mature physically, the field for sowing sugar beet can be prepared in one pass. This is an important element of energy saving and a prerequisite for high-quality sowing. The main mistakes during presowing tillage are early start of work on damp soil; an excessive number of working passes because of separate operations are not combined in one combine, the high working speed of aggregates, deep pre-sowing loosening. One more mistake is pre-sowing tillage is carried out at a small angle to the direction of sowing.

The perfection of the working tools of machines is an indisputable factor of influence on the level of the field seeds germination. Working tools of agricultural machines are designed to perform the technological processes of presowing soil cultivation qualitatively, seeding in

the soil, depending on its mechanical composition, density, and humidity.

Based on the characteristics of sugar beet sowing mentioned above, it is necessary to find the optimal parameters of the working tools of cultivators and seeders. Improved working tools can facilitate the reception of uniformly distributed seeds in rows, full and synchronized shoots and, consequently, "starting" growth and development of plants, ultimately - to increase crop yields. Thus, it is reasonable a comprehensive study of the technological processes of sugar beet growing with the development of models.

Analysis of Recent Research Results

The technology of sugar beet cultivation includes such fundamental technological processes as early spring and autumn plowing, pre-sowing soil cultivation, sowing, growing, harvesting. As the analysis shows, the efficiency of these processes depends significantly on the agroclimatic conditions and the working tools of the machines, which ensure the execution of individual technological operations and constitute of a particular process. In this case, the decision-making is wholly based on previous experience and expert judgments [1, 2], technological operations are considered separately [3, 4], the parameters of the working tools are investigated experimentally under stringent constraints [5-7], the simulation is usually carried out with a large number of assumptions and is aimed at describing the physical processes on individual technological operations [8, 9].

The analysis of publications on the optimization of technological processes for the production of sugar beet leads to the formulation of the task of aggregate consideration of complex technological processes for sowing, growing, harvesting and processing of crops by mathematical models. In works [4, 10-14] separate technological processes are considered, and the choice of working tools of agricultural machines under difficult agroclimatic conditions is justified.

Research on the development and improvement of domestic technologies for growing and harvesting sugar beet are conducted in publications [6, 15]. The classification of harvesting machines and their working tools is carried out according to the conditions and methods of harvesting and given in [16, 17]. Experimental data and analytical dependencies of the technological process of pre-sowing tillage were obtained, the geometrical model of the working surface of a soil-working tool was proposed in [18]. Empirical regression models of the variation coefficient of stack placement were obtained depending on the speed of the sowing unit and the seed sowing rate in the seeding of the pneumatic and mechanical type, and production studies of seeders were conducted [19]. A mathematical model of the seed fall trajectory is presented in [20]. The basic principles of imitative statistical modeling of the technological process of sugar beet cultivation are developed and given in [21].

Among other cultivating field crops, sugar beets are most demanding in soil-climatic conditions, as well as in the working tools of machines which perform some complex technological processes for their cultivation and har-

vesting. Therefore, the production of sugar beet is determined by the level of intensive technologies used and the perfection of technical means at all stages from pre-sowing tillage and sowing of seeds in the spring until the beet harvesting in the autumn. The problem of choosing the most informative features of the technological process, developing system indicators and computational algorithm, taking into account the probabilistic nature of the operating conditions are poorly studied nowadays.

Purpose of Research

The work aims to develop a simulation model of the interrelation between the main technological processes of sugar beet cultivation to assess the effectiveness of the technology as a whole.

Results of Research

In this paper, the technological process of sugar beets cultivation as a single object of modeling is examined with the aim of investigating the interrelation of separate technological operations and evaluating the effectiveness of technological processes of sugar beet production.

Simulation modeling is a method of constructing a model of an existing or projected system and setting up experiments on a model. The components of the simulation model are the structure of the system, i.e., a set of element descriptions and connections between them; means of reproducing the behavior of the system. Such information as a whole has a logical-mathematical character and is represented in the form of algorithms set describing the dynamics of the system functioning.

The advantages of simulation modeling are that it is based on the methodology of system analysis. It allows carrying out studies of the projected or analyzed system according to the scheme of operational research. This scheme includes the following interrelated stages: a meaningful statement of the problem; development of a conceptual model; development and software implementation of the simulation model; checking the adequacy of the model and evaluating the accuracy of simulation results; planning experiments; making decisions. So, simulation modeling can be used as a universal approach for decision-making under uncertainty and for taking into account in the models of hard-to-formalize factors. Also, simulation modeling is applied the basic principles of the system approach in solving many application tasks, including the development of technical means and technological process of sugar beet production.

The technology of cultivation and harvesting of sugar beet includes some complex technological processes. For example, the preparation of the soil for sowing in the spring includes early springing and loosening of the plowland, which begins as soon as it becomes possible to enter the field, and the pre-sowing tillage is carried out immediately before sowing, and its beginning is determined by the degree of ripeness of the soil. Let's consider two main technological processes; they are pre-sowing soil cultiva-

tion and sowing. They largely determine the results of the entire technological chain.

Presowing tillage of the soil is carried out to a depth of 2-4 cm to destroy weeds and loosen the surface layer to create conditions for seed placement at the required depth and to produce even shoots.

Sowing with high-quality seeds in a well-treated soil at a given depth and regularly spaced distribution along a row in a favorable period ensures even shoots. Both processes are parts of the twin process.

Any technological process can be represented in the form of a multichannel multistage queuing system with repeated (reusable) service of requests. A large number of factors that need to be taken into account, the random nature of ongoing processes, as well as a large number of parameters and variables, makes it necessary to consider the technological process of sugar beet cultivation as a complex system. Analytical methods of queuing theory cannot be applied to such complex systems. Analytical methods of queuing theory are mainly limited to relatively simple single-channel and multichannel one-stage systems with steady-state service conditions and an exponential distribution of random variables. Thus, it is proposed to use means of directional simulation.

We now turn to the formalized description of technological processes as a complex queuing system, for which we distinguish two of its components:

1. The serviced system (SS₁) is a heterogeneous flow of service requests. Each type of request is characterized by its parameters. The initial parameters for each technological operation are regulatory requirements, agroclimatic conditions, and so on. As a result of the processing (simulation of the technological operation), the request a number of characteristics is assigned describing the effect obtained (values of evaluation criteria, application parameters for the next process operation).

2. A service system (SS₂) is a set of technical facilities that provide services for incoming requests. As is customary in the theory of queuing, technical means are called maintenance devices. Thus, SS₂ consists of some maintenance devices that are characterized by their parameters. As such devices, the working tools and agricultural machines available for performing certain technological operations are considered. Each device is characterized by its own set of parameters, the values of which are determined as a result of the experiment.

We introduce the structure-parametric spaces U and G, each point of these spaces determines, accordingly, SS₁ and SS₂. So, we can say that U is the destination space of the technological process, in which the structure and parameters of SS₁ are determined, and each of its points is characterized by the following main indicators:

- many types of the requests;
- parameters of the j-th type of the request.

By analogy, under the space G, we mean the functional purpose space of the technological process, in which the structure and parameters of SS₂ are determined, and the following main indicators characterize each of its points:

- a number of maintenance devices;
- parameters of the i-th device.

Let's assume that to each technological process there corresponds a partially ordered set $P(g, u, \Omega, \bar{x})$ of re-

quest motion routes, where Ω is the set of parameters describing interrelations of various types between separate elements. Partial ordering of routes is determined by the probabilistic parameters and the variables of the technological process. In the particular case, Ω is a square matrix, which consists of zeros and ones, and determines the relationship between the service devices. All units above the main diagonal determine the possibility of switching from the i-th device to the j-th, and below the main diagonal - in the opposite direction.

The vector $\bar{x} \in \bar{X}(g, u)$ consists of indicators that determine the discipline of service. $\bar{X}(g, u)$ is a variety of options for service disciplines, which are formed by an expert. In turn, each type of request corresponds to some partially ordered subset of routes $P_j \subseteq P(g, u, \Omega, \bar{x})$.

Let's assume that to each service device (element) g_i or subsystem g_l , there corresponds in U some given hypersurface $\Gamma_i(g^i, \bar{x}, u) = 0$. Partitioning into separate subsystems is carried out based on pre-adopted principles and indicators. Such principles are as following the functional purpose of individual SS₂ elements, the minimum effect of loading certain elements on others, and so on. Thus, we restrict the element (or subsystem) capacity:

$$\Gamma_i(g^i, \bar{x}, u) \leq 0, i \in M, \bar{x} \in \bar{X}(g, u) \quad (1)$$

In addition, we introduce the notion of hypersurfaces $\Gamma_k^*(g^i, \bar{x}, u) = 0, k \in S$ that are integrally defined by the capacity or other indices of all or a subset of subsystems SS₂. By analogy, they correspond to a set of S constraints

$$\Gamma_k^*(g^i, \bar{x}, u) = 0, k \in S, \bar{x} \in \bar{X}(g, u) \quad (2)$$

As a result, a specific parametric domain $D(g, \bar{x})$ with a parameter $\bar{x} \in \bar{X}(g, u)$ is defined in the space U. It characterizes the set of variants SS₁ that can be serviced by SS₂.

$$D(g, \bar{x}) = \left\{ u : \Gamma_i(g^i, \bar{x}, u) \leq 0, i \in M \right\} \quad (3)$$

SS₂ has the task to service the flow of requests based on the goals and objectives. Let's assume that such a goal is the vector V_0 , which determines the planned indicators $\varphi_0^d = \{\varphi_{0j}^d\}$ and completely coincides with some value of $u \in U$, because in this case, the planned area consists of one point. The j-th component φ_0^d can be the mathematical expectation of a random variable that determines the receipt of the j-th type requests in the system or another indicator, which characterize the SS₁.

Let g_0 is the initial state of SS₂, and $D_0(g_0, \bar{x})$ is a part in U and

$$V^0 \in D_0(g_0, \bar{x}) \exists \bar{x} \in \bar{X}_0^0(g_0, V^0) \quad (4)$$

Let $\Pi(g_0, \bar{x}, V^0)$ is the program that simulates the technological process. We assume that the numerical value of the function characterizes the functioning of technical means

$$F_0 = F_0(g_0, \bar{x}, V^0) \quad (5)$$

In the case that condition (4) is not fulfilled, it is necessary to change the structure and parameters of SS₂. The function (5) is algorithmically defined and is deter-

mined by the simulation model of the technological process.

Let's consider the static formulation of the problem. It is necessary to determine the optimal composition (structure) $g=(g_0, \delta)$ of technical means, the discipline of maintenance of the technological process.

All simulation models are models of the so-called black box type. This means that they provide the system's output if an input signal is given into interacting subsystems.

Playing samples by the Monte Carlo method [22] is the fundamental principle of modeling systems containing stochastic or probabilistic elements.

Conclusions

1. When managing various technological processes, it is necessary to provide in real time the calculation and optimization of the regime, which, given the stochastic changes in the parameters of the technological process, are belong to permissible modes. Therefore, we have to focus on the most unfavorable combination of factors of uncertainty and use the strategy of the guaranteed result. Until now, the problem of mathematical modeling of discrete, weakly structured processes and systems characterized by a set of criteria, stochasticity, interval or unclear values of the source data (such as the technological process and technical means of sugar beet production) is almost unexplored.

2. Taking into account the difficulties of conducting a real experiment, which is necessary for obtaining the values of the criteria, the use of simulation modeling is proposed. Simulation is a research method in which the studied system is replaced by the constructed model. The model with sufficient accuracy describes the actual system, and experiments with it are carried out with the aim of obtaining information about this system.

3. Investigation of the technological process based on the simulation by determining and justifying the optimal parameters allows us to define the technological variables, their relationships, and interconnections, to highlight technical and economic indicators, and to evaluate the impact on sugar beet yields.

References

1. *Benini, A. P.* (2017). The Use of Expert Judgment in Humanitarian Analysis – Theory, Methods, Applications. Geneva, Assessment Capacities Project - ACAPS.

2. *Volokha, M. P.* (2013). Principles for modelling technological processes of production of sugar storm-cov. Environmental biotechnology: electronic scientific journal of National aviation University. No. 2. Access mode. <http://ecobio.nau.edu.ua/index.php/ecobiotech/article/view/5503/6215>.

3. *Karkoszka, T.* (2017). Operational monitoring in the technological process in the aspect of occupational risk. *Procedia Manufacturing*. 13. 1463-1469.

4. *Volokha, M. P.* (2015). A study of the process of preparation of the soil for sowing sugar beet with modern

units. *Scientific Bulletin of National University of Bioresources and nature management of Ukraine. Series: electronics and energetics, agriculture*. Vol. 226. 349-355.

5. *Owodunni, O. O., Pinder, D.* (2016). Sustainability Improvement in Milling Operation Through Improved Tool Design and Optimized Process Parameters-an Industrial Case Study. *Procedia CIRP*. 40. 498-503.

6. *Roik, M. V., Volokha, M. P., Vojtyuk, P. O., Fursa, A. V.* (2000). The efficiency of the mechanized technology of cultivation and harvesting of sugar beet. *Bulletin of agricultural science*. № 4. 43-46.

7. *Volokha, M. P., Osyichuk V. S.* (2014). Experimental study of the quality of the new surface of the screw kopacz root crops sugar storm. *Bulletin of Engineering Academy of Ukraine*. № 2. 149-152.

8. *Zongrui Pei.* (2018). DIST: A dislocation-simulation toolkit. *Computer Physics Communications*. In Press, Available online 3 July 2018.

9. *Wafa Mefteh.* (2018). Simulation-Based Design: Overview about related works. *Mathematics and Computers in Simulation*. Volume 152, October 2018. 81-97.

10. *Yan Zhang, Pengbo Gao, Tofael Ahamed.* (2018). Development of a rescue system for agricultural machinery operators using machine vision. *Biosystems Engineering Volume 169*. May 2018. 149-164.

11. *Hafezalkotob, A.* (2018). A decision support system for agricultural machines and equipment selection: A case study on olive harvester machines. *Ashkan Hafezalkotob, Aida Hami-Dindar, Naghmeleh Rabie, Arian Hafezalkotob. Computers and Electronics in Agriculture*, Volume 148, May 2018. 207-216.

12. *Borja Espejo-Garcia, Jorge Martinez-Guanter, Manuel Pérez-Ruiz, Francisco J. Lopez-Pellicer, F. Javier Zarazaga-Soria.* (2018). Machine learning for automatic rule classification of agricultural regulations: A case study in Spain. *Computers and Electronics in Agriculture*. Volume 150. July 2018. 343-352.

13. *Volokha, M. P.* (2016). Effect of operational and technological factors in the precision sowing of sugar beet. *Scientific reports NULES*. № 3(60). <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/6847>.

14. *Volokha, M. P., Doroshenko, Yu. O.* (2016). The study of the process of sowing beet sugar-planters of the pneumatic type. *Scientific reports NULES*. № 6(63). <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/7564>.

15. *Volokha, M. P., Balan, V. M.* (2017). The manufacturing inspection technology of cultivation of sugar beet on the basis of domestic cars, aggregated with the row crop tractors. XVIII international on-okova conference "Modern problems of agricultural mechanics" dedicated to the 117th anniversary of the birthday of academicians Petr V. M. Vasilenko, 16-18 October 2017. *Kamenetz Podolsky*. 42-45.

16. *Volokha, M. P., Vojtyuk, P. O., Grechko, V. V.* (2001). Machine software Valkova technology of harvesting sugar beets. Technical and technological aspects of the development and testing of new equipment and technologies for agriculture of Ukraine. *Research. UkrNDPVF named after Leonid Pogorelyi*. Vol. 4 (18). 59-67.

17. *Volokha, M. P.* (2014). Bridging multicriteria in the simulation of technological processes of cultivation of

sugar beet. Technical and technological aspects of the development and testing of new equipment and technologies for agriculture of Ukraine. Research. UkrNDPVF named after Leonid Pogorelyi. Vol. 18 (32), Issue. 2. 237-243.

18. *Yurchuk, V. P., Volokha, M. P., Volokha, V. M.* (2005). Analysis of the geometrical models of the working surfaces of grinders kienesberger machines. Works of Tavria State Agrotechnical Academy. Melitopol: TDATA, Vol. 4, t. 30. 41-46.

19. *Volokha, M. P.* (2018). To create agent-based-simulation model of the technological tion of the process of seedbed preparation and sowing of sugar beet. Engineering and technology APK. № 7. 8-11.

20. *Volokha, M. P.* (2018). Algorithmic description of the dual of technological process of preparation of soil and sowing of sugar beet. Engineering and technology APK. № 8. 17-21.

21. *Volokha M., Boldyrieva L.* (2014). Simulation technology of sugar beet. Bulletin of the National Aviation University. Vol. 61. № 4. 133-139.

22. *Frenkel Daan.* (2004). Introduction to Monte Carlo Methods. NIC Series, Vol. 23. 29-60.

Список літератури

1. *Benini A. P.* The Use of Expert Judgment in Humanitarian Analysis – Theory, Methods, Applications. Geneva, Assessment Capacities Project - ACAPS. 2017.

2. *Волоха М. П.* Принципи моделювання технологічних процесів виробництва цукрових буряків. Проблеми екологічної біотехнології: електронний науковий журнал Національного авіаційного університету. № 2. 2013. Режим доступу: <http://ecobio.nau.edu.ua/index.php/ecobiotech/article/view/5503/6215>.

3. *Karkoszka T.* Operational monitoring in the technological process in the aspect of occupational risk. Procedia Manufacturing. 2017. 13. P. 1463–1469.

4. *Волоха М. П.* Дослідження технологічного процесу підготовки ґрунту до сівби буряків цукрових сучасними агрегатами. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. 2015. Вип. 226. С. 349–355.

5. *Owodunni, O. O., Pinder, D.* Sustainability Improvement in Milling Operation Through Improved Tool Design and Optimized Process Parameters-an Industrial Case Study. Procedia CIRP. 2016. 40. P. 498–503.

6. *Роїк М. В. Волоха М. П., Войтюк П. О., Фурса А. В.* Ефективність механізованих технологій вирощування та збирання цукрових буряків. Вісник аграрної науки. 2000. № 4. С. 43–46.

7. *Волоха М. П., Осійчук В. С.* Експериментальні дослідження якості роботи нової поверхні шнека копача коренеплодів цукрових буряків. Вісник Інженерної академії України. 2014. № 2. С. 149–152.

8. *Zongrui Pei.* DIST: A dislocation-simulation toolkit. Computer Physics Communications. In Press, Available online 3 July 2018. 2018.

9. *Wafa Mefteh.* Simulation-Based Design: Overview about related works. Mathematics and Computers in Simulation. Volume 152, October 2018. 2018. P. 81–97.

10. *Yan Zhang, Pengbo Gao, Tofael Ahamed.* Development of a rescue system for agricultural machinery operators using machine vision. Biosystems Engineering Volume 169. May 2018. 2018. P. 149–164.

11. *Hafezalkotob A.* A decision support system for agricultural machines and equipment selection: A case study on olive harvester machines. Ashkan Hafezalkotob, Aida Hami-Dindar, Naghmeh Rabie, Arian Hafezalkotob. Computers and Electronics in Agriculture, Volume 148, May 2018. 2018. P. 207–216.

12. *Borja Espejo-Garcia, Jorge Martinez-Guanter, Manuel Pérez-Ruiz, Francisco J. Lopez-Pellicer, F. Javier Zarazaga-Soria.* Machine learning for automatic rule classification of agricultural regulations: A case study in Spain. Computers and Electronics in Agriculture. Volume 150. July 2018. 2018. P. 343–352.

13. *Волоха М. П.* Вплив експлуатаційно-технологічних факторів на точність сівби буряків цукрових. Наукові доповіді НУБІП України. 2016. № 3(60). Режим доступу: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/6847>.

14. *Волоха М. П., Дорошенко Ю. О.* Дослідження процесу висіву насіння буряка цукрового сівалками пневматичного типу. Наукові доповіді НУБІП України. 2016. № 6(63). Режим доступу: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/7564>.

15. *Волоха М. П., Балан В. М.* Виробнича перевірка технології вирощування буряків цукрових на базі вітчизняних машин, агрегованих з просапними тракторами ХТЗ. XVIII Міжнародна наукова конференція «Сучасні проблеми землеробської механіки», присвячена 117-річчю з дня народження академіка Петра Мефодійовича Василенка, 16–18 жовтня 2017 рік. Кам'янець Подільський. 2017. С. 42–45.

16. *Волоха М. П., Войтюк П. В., Гречка В. В.* Машинне забезпечення валкової технології збирання цукрових буряків. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. Дослідницьке. УкрНДІПВТ імені Леоніда Погорілого. 2001. Вип. 4 (18). С. 59–67.

17. *Волоха М. П.* Подолання багатокритеріальності при моделюванні технологічних процесів вирощування цукрових буряків. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. Дослідницьке: УкрНДІПВТ імені Леоніда Погорілого. 2014. Вип. 18 (32), кн. 2. С. 237–243.

18. *Юрчук В. П., Волоха М. П., Волоха В. М.* Аналіз геометричних моделей робочих поверхонь копачів коренезбиральних машин. Праці Таврійської державної агротехнічної академії. Мелітополь: ТДАТА, 2005. Вип. 4, т. 30. С. 41–46.

19. *Волоха М.* До створення агентно-імітаційної моделі технологічного процесу передпосівного обробітку ґрунту і сівби буряків цукрових. Техніка і технології АПК. 2018. № 7. С. 8–11.

20. *Волоха М.* Алгоритмічний опис двоєдиного технологічного процесу підготовки ґрунту і сівби буряків цукрових. Техніка і технології АПК. 2018. № 8. С. 17–21.

21. *Volokha M., Boldyrieva L.* Simulation technology of sugar beet. Вісник Національного авіаційного університету. 2014. Т. 61. № 4. С. 133–139.

22. *Frenkel Daan.* Introduction to Monte Carlo Methods. NIC Series, 2004. Vol. 23. P. 29–60.

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ ОБРОБІТКУ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ НА ОСНОВІ МЕТОДУ МОДЕЛЮВАННЯ

М. П. Волоха

Анотація. У статті розглядається технологічний процес вирощування цукрових буряків як єдиний об'єкт моделювання. Мета дослідження-вивчити взаємозв'язок окремих технологічних операцій і оцінки технологічної ефективності вирощування цукрових буряків. Вивчення технологічних процесів на основі імітаційного моделювання дозволяє досліджувати взаємозв'язки, виділити техніко-економічних показників, оцінити вплив на рентабельність, визначити напрямки розвитку та шляхи вдосконалення технічної і технологічної основи виробництва цукрових буряків.

Ключові слова: цукрові буряки, технологічний процес, технічні засоби, моделювання, передпосівної обробки ґрунту.

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ВОЗДЕЛЫВАНИЯ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ НА ОСНОВЕ МЕТОДА МОДЕЛИРОВАНИЯ

М. П. Волоха

Аннотация. В статье рассматривается технологический процесс выращивания сахарной свеклы как единый объект моделирования. Цель исследования-изучить взаимосвязь отдельных технологических операций и оценки технологической эффективности выращивания сахарной свеклы. Изучение технологических процессов на основе имитационного моделирования позволяет исследовать взаимосвязи, выделить технико-экономических показателей, оценить влияние на рентабельность, определить направления развития и пути совершенствования технической и технологической основы производства сахарной свеклы.

Ключевые слова: сахарная свекла, технологический процесс, технические средства, моделирование, предпосевной обработки почвы.

UDC 331.45:004.4:620.91-049.34

METHODS OF RATIONALIZATION OF ENERGY RESOURCES DURING WORK WITH OPERATING SYSTEM

Golopura S. M., Sinenko B. V.

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Ukraine.

Corresponding authors: svgolopura@ukr.net.

*Article history: Received: March 2018. Received in the revised form: April 2018. Accepted: May 2018.
Bibl. 6, fig. 1, tabl. 10.*

Abstract. In our time, computer systems have become an integral part of any highly skilled workflow. They spend kilowatt of electricity on millions of mathematical operations, which, in turn, determine the software functionality and are responsible for the result of any work. The article considers the numerical efficiency and expediency of using the economical operating mode of the "Windows 7 Unlimited" operating system of 64-bit type. Numerical data, on the basis of which the coefficients given in the work were calculated, were obtained with the help of the energy efficiency monitoring software Joulemeter 1.2 (licensed product of the Microsoft software laboratory). The main task of the work is to bring exact percentages of savings on the example of a particular computer and the work package of office software programs Microsoft Office 2010, which includes programs: Microsoft Word, Microsoft Excel and Microsoft PowerPoint – and browsers Google Chrome and Internet Explorer with different performance.

Based on the results of the experiment, the energy efficiency of the system, when using the economic mode was higher by 0.7% than when using a balanced one. And the maximum energy efficiency of 3.7% was achieved by using the energy-saving Internet Explorer browser instead of Google Chrome.

Key words: energy efficiency, rationalization, Windows 7, Microsoft Office 2010, Google Chrome, Internet Explorer.

Introduction

In our time, computer systems have become an integral part of any highly skilled workflow. They spend kilowatt of electricity on millions of mathematical operations, which, in turn, determine the software functionality and are responsible for the result of any work. The article considers the numerical efficiency and expediency of using the economical operating mode of the "Windows 7 Unlimited" operating system of 64-bit type. Numerical data, on the basis of which the coefficients given in the work were calculated, were obtained with the help of the energy efficiency monitoring software Joulemeter 1.2 (licensed product of the Microsoft software laboratory).

Formulation of Problem

The main task of the work is to bring exact percentages of savings on the example of a particular computer and the work package of office software programs Microsoft Office 2010, which includes programs: Microsoft Word, Microsoft Excel and Microsoft PowerPoint – and browsers Google Chrome and Internet Explorer with different performance.

Analysis of Recent Research Results

Many researchers analyzed the energy efficiency of computer systems: Khankin K.M. searched the energy efficiency of systems depending on the main characteristics of the processor [1], Tsvetkov V.M. - efficiency of energy utilization by the Android operating system [2], and Tokar I.P. noted an increase in the energy efficiency of the system using a genetic algorithm [3]. But none of them has investigated the actual energy consumption of the existing system in operating mode. And also, the economic rent is the profitability of using the Economy mode of the Windows 7 operating system.

Purpose of Research

Detailed energy consumption when using each mode, when working with different types of office software and browsers. Determine the degree of efficiency of using the Economical operating mode of the operating system "Windows 7 Unlimited".

Results of Research

The statistical-comparative method of data processing based on the Windows 7 Unlimited (64-bit) operating system using the Microsoft Office 2010 software package, Google Chrome browser and Internet Explorer software and software for monitoring power consumption Joulemeter 1.2 (licensed product of the Microsoft Company)

The main function of the Joulemeter 1.2 program mainly reflects the energy consumption of the main

elements involved in the exchange of information: the CPU and the hard disk (Disk) on which the functionality of the program used is located.

Other static power consumption items: RAM, graphic adapter, network card, coolers, motherboard (its non-CPU units) and power supply elements are shown in the tables as the "Basic" criterion.

The monitor has its own power supply, but the constant power of transmission is 50 W/h.

Therefore, the main criterion for assessing energy conservation is the load of the central processor and disk. The hardware composition of the computer unit is shown in Table 1.

The need for a central processor in electric power, when operating in Balanced Mode, was 1 W/h (Table 2), while in economic terms it was reduced by 77% to 0.23 W/h. The cost of the disk processes in the Balanced Mode

was 0.03 W/h, while in the Economy mode it was reduced by 33%, to 0.01 W/h.

With the use of Microsoft Word's text editor, while working in Balanced Mode, the CPU's power requirement was 1.26 W/h (Table 3), while in the Economy mode it was reduced by 43% to 0.72 W/h.

The cost of the disk processes in the Balanced Mode was 0.27 W/h, while in the Economical 0.02 W/h, which reduced the power consumption of the computer by 93%.

The need for a central processor in electricity, when used with Microsoft Excel spreadsheet editor, in Balanced Mode, was 1.82 W/h (Table 4), while in the Economy it dropped to 0.81 W/h.

Energy expenditure on disk operation in the Balanced mode was 0.17 W/h, while in the Economy mode it decreased by 47% to 0.09 W/h.

Table 1. The hardware of the computer block.

Composition of elements of a computer block		
Element	Characteristics	Number
Motherboard	Asus P8Z68 Deluxe	1
CPU	Intel Core i7-3770k	1
Power supply	Cooler Master GX 750W	1
Video card	NVIDIA GeForce GTX 1080	1
RAM	Kingston DDR3-1600 4096MB PC3-12800 HyperX	4
ROM	Samsung 850 Pro series 256GB 2.5" SATAIII 3D	1
Network card	Atheros AR922X Wireless	1
Cooling systems	Aerocool P7- F12 RGB 120 MM	4

Table 2. Power consumption of computer in "Balanced" and "Economical" without the participation of additional software.

Type	Energy consumption, W/h							
	Balanced mode				Economical mode			
	1	2	3	Average	1,00	2,00	3,00	Average
Basic	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00
CPU	0,46	1,93	0,62	1,00	0,31	0,00	0,39	0,23
ROM	0,00	0,07	0,03	0,03	0,00	0,00	0,03	0,01
Monitor	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00
General	115,46	117,00	115,65	116,04	115,31	115,00	115,42	115,24

Table 3. Power consumption of computer when running Microsoft Word.

Type	Energy consumption, W/h							
	Balanced mode				Economical mode			
	1	2	3	Average	1,00	2,00	3,00	Average
Basic	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00
CPU	0,77	1,46	1,54	1,26	1,93	0,23	0,00	0,72
ROM	0,11	0,39	0,30	0,27	0,00	0,00	0,06	0,02
Monitor	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00
General	115,88	116,85	116,84	116,52	116,93	115,23	115,06	115,74

Table 4. Power consumption of computer when running Microsoft Excel.

Type	Energy consumption, W/h							
	Balanced mode				Economical mode			
	1	2	3	Average	1,00	2,00	3,00	Average
Basic	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00
CPU	1,93	2,00	1,54	1,82	0,77	0,66	1,00	0,81
ROM	0,23	0,18	0,11	0,17	0,09	0,11	0,07	0,09
Monitor	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00
General	117,16	117,18	116,65	117,00	115,86	115,77	116,07	115,90

Table 5. Power consumption of computer when running Microsoft PowerPoint.

Type	Energy consumption, W/h							
	Balanced mode				Economical mode			
	1	2	3	Average	1,00	2,00	3,00	Average
Basic	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00
CPU	2,62	1,30	3,46	2,46	0,69	2,62	1,54	1,62
ROM	0,31	0,40	0,22	0,31	0,05	0,05	0,11	0,07
Monitor	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00
General	117,93	116,70	118,68	117,77	115,74	117,67	116,65	116,69

Table 6. Power consumption of computer when use Google Chrome.

Type	Energy consumption, W/h							
	Balanced mode				Economical mode			
	1	2	3	Average	1,00	2,00	3,00	Average
Basic	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00
CPU	7,69	26,70	21,51	18,63	8,77	27,18	17,61	17,85
ROM	0,06	0,53	0,06	0,22	0,22	0,09	0,01	0,11
Monitor	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00
General	122,75	142,23	136,57	133,85	123,99	142,27	132,62	132,96

Table 7. Power consumption of computer when use Internet Explorer.

Type	Energy consumption, W/h							
	Balanced mode				Economical mode			
	1	2	3	Average	1,00	2,00	3,00	Average
Basic	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00
CPU	2,00	4,69	2,85	3,18	2,31	3,00	2,16	2,49
ROM	0,15	0,06	0,31	0,17	0,09	0,33	0,07	0,16
Monitor	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00
General	117,15	119,75	118,16	118,35	117,40	118,33	117,23	117,65

The economy mode, with the use of the Microsoft PowerPoint presentation editor, reduced energy consumption by 34% to 1.62 W/h (Table 5), while the CPU demand in Balanced Mode was 2.46 W/h. The cost of the disk processes in the Balanced Mode was 0.31 W/h, while in the Economical 0.07 W/h, which is 77% less than normal.

Google Chrome's energy costs when operating in Balanced Mode amounted to 18.63 W/h (Table 6), while in Economics they dropped by 4% to 17.85 W/h. The work of disk processes in the Economy mode has decreased by 50%.

Internet Explorer, while working in Balanced Mode, spends 3.18 W/h (Table 7) and in Economics 2.49 W/h, which reduces costs by 22%. The work of disk processes, when using this browser, was 0.17 W/h, while in the Economy mode it was reduced to 0.16 W/h, reduces costs by 6%.

The central CPU and disk power consumption for Microsoft Word, Microsoft, Microsoft Excel, and PowerPoint in Balanced and Economical modes is quite different and depends mainly on the type of metering processes and the intensity of file sharing (Table 9).

Table 8. Power consumption of computer when run Microsoft Office 2010 programs.

Type	Energy consumption, W/h							
	Control		Microsoft Word		Microsoft Excel		PowerPoint	
	Bal.	Econ.	Bal.	Econ.	Bal.	Econ.	Bal.	Econ.
Basic	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00
CPU	1,00	0,23	1,26	0,72	1,82	0,81	2,46	1,62
ROM	0,03	0,01	0,27	0,02	0,17	0,09	0,31	0,07
Monitor	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00
General	116,04	115,24	116,52	115,74	117,00	115,90	117,77	116,69

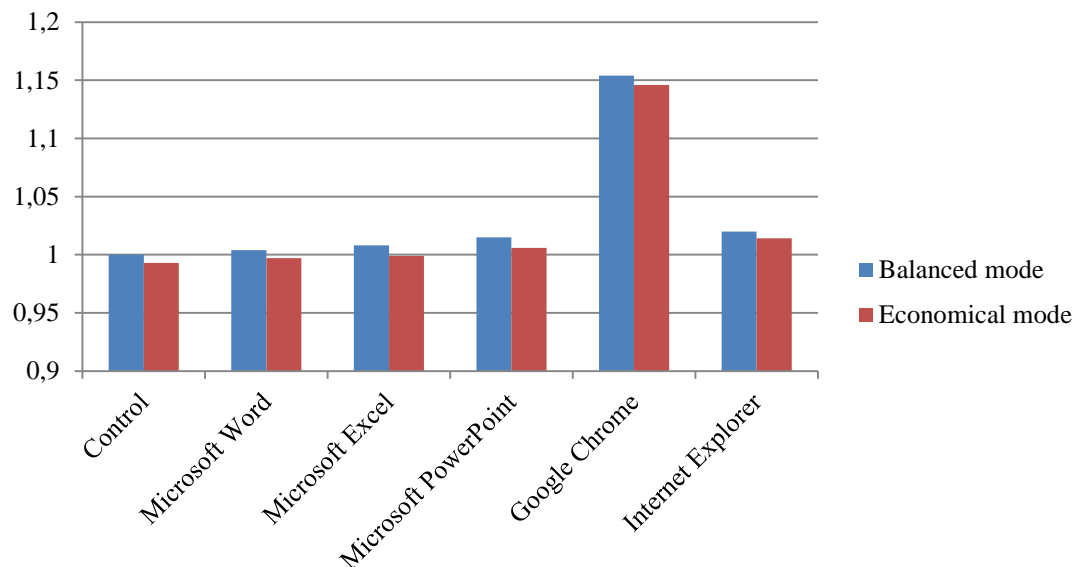
Table 9. Power consumption of computer when browsers work.

Type	Energy consumption, W/h			
	Google Chrome		Internet Explorer	
	Bal.	Econ.	Bal.	Econ.
Basic	65,00	65,00	65,00	65,00
CPU	18,63	17,85	18,63	17,85
ROM	0,22	0,11	0,17	0,16
Monitor	50,00	50,00	50,00	50,00
General	133,85	132,96	118,35	117,65

Table 10. The ratio of the energy efficiency of the system.

Type	The ratio of energy consumption ratios (Кв)		Energy saving, %
	Balanced mode	Economical mode	
Control	1,000	0,993	0,700
Microsoft Word	1,004	0,997	0,697
Microsoft Excel	1,008	0,999	0,893
Microsoft PowerPoint	1,015	1,006	0,887
Google Chrome	1,154	1,146	0,693
Internet Explorer	1,020	1,014	0,588

The ratio of energy efficiency of the system in the Balanced and Economical modes

**Fig. 1.** Ratio of energy efficiency of the system in the Balanced and Economical modes.

Browsers, due to the large amount of data exchange, are largely loaded by the CPU, increasing its power consumption. Energy consumption, for use of two different speeds of browsers, can vary quite a lot (Table 9).

On the basis of these data, ratios were obtained for control in Balanced mode (Table 10).

In graphical form, this ratio is shown in Fig. 1.

On average, the energy efficiency of the system, when using the Economy mode, increased by 0.7%. With the equivalent use of Microsoft Office 2010 (Table 8) and the Google Chrome browser (Table 9), the average computer power consumption is 119.878 W/h. In terms of 247 business days, including 8 hours a day, the average power consumption of the computer will be 236.88 kW/year. Using the Economy mode reduces this number by 1.66 kW/year.

Using Savings Internet Explorer, instead of Google Chrome, reduces power consumption by 3%, that is - still at 6.92 kW/year.

Thus, according to our estimates, the total electricity savings will be 8.58 kW/year. Considering that the number of permanent computers in large IT companies can reach tens or even hundreds of machines, the use of the Economy Mode and the cost-effective Internet Explorer browser can be of significant economic benefit.

Conclusions

1. It's economically feasible to use the economical operating mode of the Windows 7 Unlimited system as the system's energy efficiency increases by 0.7%.

2. Also, using Internet Explorer will reduce system power consumption by 3% compared to using Google Chrome.

3. Therefore, in the future, by studying the energy costs of different software, you can determine the optimal software for the higher degree of energy efficiency of the system.

References

1. *Khankin, K. M.* (2012). Estimation of influence of hardware technologies of energy saving of the personal computer on productivity and power consumption. *Vestnik SUSU. Series: Computer technologies, management, radio electronics.* №23.

2. *Tsvetkov, V. M.* (2014). Energy efficiency of mobile devices under the control of the operating system Android. *Electrical and information systems and systems.* № 2.

3. *Tokar, I. P.* (2015). Using the Genetic Algorithm in the Compiler to Optimize the Energy Efficiency of Applications. *News SFU. Technical sciences.* No 2 (163).

4. *Berliner, E. M., Glasyrina, I. B., Glazyrin, B. E.* (2010). *Microsoft Windows 7. User Guide.* Publishing house "Russian editorial board". SPb. BHV-Petersburg. 416.

5. *Matveev, M. D., Alter, V. E., Apanasevich, N. R.* (2013). *Hacking Windows 7. Practical Guide.* SPb. Science and Technology. 320.

6. *Carp D.* (2011). *Windows Tricks. 7. For professionals.* St. Petersburg: Peter. 512.

Список літератури

1. *Khankin K. M.* Estimation of influence of hardware technologies of energy saving of the personal computer on productivity and power consumption // *Vestnik SUSU. Series: Computer technologies, management, radio electronics.* 2012. №23.

2. *Tsvetkov, V. M.* Energy efficiency of mobile devices under the control of the operating system Android. *Electrical and information systems and systems.* 2014. № 2.

3. *Tokar, I. P.* Using the Genetic Algorithm in the Compiler to Optimize the Energy Efficiency of Applications. *News SFU. Technical sciences.* 2015. No 2 (163).

4. *Berliner, E. M., Glasyrina, I. B., Glazyrin, B. E.* *Microsoft Windows 7. User Guide.* Publishing house "Russian editorial board". SPb. BHV-Petersburg. 2010. 416.

5. *Matveev, M. D., Alter, V. E., Apanasevich, N. R.* *Hacking Windows 7. Practical Guide.* SPb. Science and Technology. 2013. 320.

6. *Carp D.* *Windows Tricks. 7. For professionals.* St. Petersburg: Peter. 2011. 512.

МЕТОДИ РАЦІОНАЛІЗАЦІЇ ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ ПІД ЧАС РОБОТИ З ОПЕРАЦІЙНОЮ СИСТЕМОЮ

С. М. Голопура, Б. В. Синенко

Анотація. В наш час комп'ютерні системи стають невід'ємною частиною будь-якого висококваліфікованого робочого процесу. Вони витрачають кіловат електроенергії на мільйони математичних операцій, які, у свою чергу, визначають функціональність програмного забезпечення і несуть відповідальність за результат будь-якої роботи. У статті розглядається чисельна ефективність і доцільність використання економічного режиму роботи Windows 7 в необмеженій операційній системі 64-бітного типу. Числові дані, на основі яких коефіцієнти, що наводяться в роботі були розраховані, були отримані за допомогою програмного забезпечення моніторингу енергоефективності Joulemeter 1.2 (ліцензійний продукт Лабораторії програмного забезпечення Microsoft). Головне завдання роботи – принести точні відсотки економії на прикладі конкретного комп'ютера і роботі пакету офісних програм Microsoft Office 2010, який включає в себе програми: Microsoft Word, Microsoft Excel, Microsoft PowerPoint і браузері Google Chrome та Internet Explorer з різною продуктивністю.

Ґрунтуючись на результатах експерименту, енергоефективність системи, при використанні

економічного режиму була вище на 0,7%, ніж при використанні збалансованого. І максимальна енергоефективність 3,7% було досягнуто за рахунок використання енергозберігаючого браузера Internet Explorer замість Google Chrome.

Ключові слова: енергетична ефективність, раціоналізація, Windows 7, Microsoft Office 2010, Google Chrome, Internet Explorer.

МЕТОДЫ РАЦИОНАЛИЗАЦИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ВО ВРЕМЯ РАБОТЫ С ОПЕРАЦИОННОЙ СИСТЕМОЙ

С. М. Голопура, Б. В. Сыненко

Аннотация. В наше время компьютерные системы становятся неотъемлемой частью любого высококвалифицированного рабочего процесса. Они тратят киловатт электроэнергии на миллионы математических операций, которые, в свою очередь, определяют функциональность программного обеспечения и несут ответственность за результат любой работы. В статье рассматривается численная эффективность и целесообразность использования экономичного режима работы Windows 7 в неограниченной операционной системе 64-битного типа. Числовые данные, на основе которых коэффициенты, приводимые в работе были рассчитаны, были получены с помощью программного обеспечения мониторинга энергоэффективности Joulemeter 1.2 (лицензионный продукт Лаборатории программного обеспечения Microsoft). Главная задача работы – приносить точные проценты экономии на примере конкретного компьютера и пакета офисных программ Microsoft Office 2010, который включает в себя программы: Microsoft Word, Microsoft Excel, Microsoft PowerPoint и браузеры Google Chrome и Internet Explorer с разной производительностью.

Основываясь на результатах эксперимента, энергоэффективность системы, при использовании экономичного режима была выше на 0,7%, чем при использовании сбалансированного. И максимальная энергоэффективность 3,7% было достигнуто за счет использования энергосберегающего Internet Explorer вместо Google Chrome.

Ключевые слова: энергетическая эффективность, рационализация, Windows 7, Microsoft Office 2010, Google Chrome, Internet Explorer.

UDC 331.45:004.4:620.91-049.34

DECISION CONSTRUCTIVE-TECHNICALLY TASKS IN CONDITIONS OF DEFORMATION OF TASKS MAINTENANCE

Berezova L. V.

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Ukraine.

Corresponding author: berezova@nubip.edu.ua.

Article history: Received: March 2018. Received in the revised form: April 2018. Accepted: May 2018. Bibl. 8, fig. 0, tabl. 0.

Abstract. Tasks, questions and practical tasks is an effective didactic way, which makes active creative activity of the person. The constructive thinking carried out at the decision of creative tasks is considered. Analyses of creative technical thinking development and the peculiarities of the constructive-technical tasks solving are given. The creative thinking is a search and opening something new, for creative work, it is necessary to own ability independently and critically to think. On the basis of the main ways, methods of the solution strategy of the task solution is formed. Transformation of the solution strategy of the constructive-technical tasks with use of complications is considered.

In the paper the application of methods of information insufficiency and prohibition. at the decision by students of constructive-technical tasks are considered. These methods stir up the cogitative activity of students, assists to enlarge the forms of necessary structurally functional groups searching, assists of construction of optimal variants of the solution of tasks.

Key words: creative thinking, transformation of strategy, constructive-technical task, solution of tasks, complication.

Introduction

The improvement of complicated technical and natural systems occurs, as a rule, on the basis of a knowledge deepening of the world around which makes an essence of scientific and technical progress. The need of techniques puts all new and new tasks before a science.

Formulation of Problem

Therefore modern education should prepare the specialists, capable to be responsible for the professional future, capable to confirm themselves in conditions of a competition in the labor market. The basic purpose of vocational training and education consists in training specialists who own skills and knowledge for satisfaction of market needs of labor; specialists who are prepared for creative professional activity that would have constant aspiration to the best, more improved.

One of the main tasks of psychological of students

training to technical the development of the stable positive attitude of students to creative activity is possible.

Training of the future specialists for labor activity should be based on the solution of its constructive-technical, technological, organizational tasks which would display situations of real work.

The solution of different scientific, practical, art, constructive and other tasks which arise in a life of people, demands knowledge by them not only external properties of objects, and their internal connections and attitudes. Therefore, as G.S. Kostyuk marked, "a problem of the development of thinking, and especially the development of creative thinking which differs originality and creativity is very important presently" [2].

Analysis of Recent Research Results

Ability to think is a property of the person. The thinking arises during interaction of the person with an external world and serves its successful realization. It is generated, first, by the need to understand any new situation to the person, new object to it that is given to it in alive contemplation, or represents or is described by words. The creative thinking is a search and opening new. For creative work, it is necessary to own ability independently and critically to think, get into essence of subjects and the phenomena, to be inquisitive, that appreciably provides productivity of cerebration.

The problem of creative thinking development is in the center of attention of many scientists during all development of a psychology-pedagogical science about creativity (L.S. Vygodskyy, J. Gilford, O.S. Yermakova, A.B. Kovalenko, G.S. Kostyuk, S.D. Maksymenko, O.M. Matyushkin, V.O. Molyako, A. Osborn, Y.O. Ponomaryov, R.O. Ponomaryova, S.L. Rubinshteyn, E. Torrens, M.G. Yaroshevskyy, etc.).

One of the methods of students training to technical creativity is the solution of constructive-technical tasks which display tasks of manufacture both on engineering, and at an executive level. Such approach is named as determining in works of many scientists (T.V. Kudryavtsev, A.F. Esaulov, Y.O. Ponomaryova, V.O. Molyako, etc.).

Based on continuous studying design activity on professional level, V.O. Molyako has offered the system of

creative training of students during their training for technical labour activity [3, 7]. The component of creative training method is the using of complications during the solution of constructive-technical tasks. We shall consider the psychological features of this process.

In the system-strategy concepts of the activity developed by V.O. Molyako, strategy is defined as "more or less flexible system objectively and situationally defined actions in which the tendency to subject advantage of one mental action to another prevails" [3, 8]. Thus, the term "strategy" can be applied to "to the description of all solution process of the solution in which the dominating tendency of the person mental activity concerning a specific target is realized" [3, 7].

V.O. Molyako separates the contents of concept "strategy" from categories "method" and "way". He does not consider them as synonyms, as a way and a method, unlike the strategy, abstracted from the personality.

In the structure of strategy of V.O. Molyako allocates: 1) studying of task's condition; 2) search of the solution way; 3) an embodiment of a hypothesis solutions [3].

As the strategy is a dynamic, remedial formation, the following basic stages are allocated in it: 1) studying of a task's condition; 2) check of a condition by concrete knowledge – correlation of a new task with system of the knowledge and experience of practical actions; 3) a choice of a hypothesis about possible structural and functional transformations of the set components; 4) "designing" of a hypothesis on all conditions as a whole and its localization concerning a place of concrete application; 5) check of a hypothesis by means of tactics stipulated by it and auxiliary methods; 6) detailed elaboration [3].

The person, as a rule, realizes and mentally determines the basic moments of cogitative activity besides there is always a certain attitude of the person to the process of the solution, i.e. this process is always emotionally painted. Actually, based on the basic methods of the solution and confidence of the actions the strategy of the solution of a constructive-technical task is formed. Cogitative strategy consists of complete formation of the person ability, a disposition that defines a character of actions and the tendency of mental behavior as a whole.

In I.G. Shupeiko's research laws of evolution and transformation of the solution strategy of tasks during the process of studying. As the result of carried out research it was established, that the process of formation of effective solution strategy represented the alternation of evolution stages and strategy transformation which are "intermediate" concerning "basic" which acts in the form of studying. It was also established, that the character of dynamics, i.e. process of effective strategy formation could be operated [8].

The essence transformation theories of operators studying, offered by V.F. Venda is the process of effective strategy formation of the solution during training represents some sequence of evolution stages and transformation of intermediate strategy. In the opinion of the author of this concept, process of strategy mastering depends on the amount of intermediate strategy and duration of their mastering, and of peculiarities of transition from one strategy to another [1].

We consider, that the definition of strategy by means of such terms as the set of rules, plan, the general scheme,

etc. is little productive as these terms designate the certain set of methods which fixed firmly in activity, i.e. something static. The approach to strategy which associates with the general orientation of mental activity, its dynamics takes place in the works G.S. Sukhobskaya, Y.M. Kulyutkin and V.O. Molyako.

The viewing strategy of the tasks solution as structured formation that operates the process of the solution at its all stages is of great importance at the solution of constructive-technical tasks.

Purpose of Research

The purpose of article is to reveal features of cogitative activity, functioning of strategy during the solution by the students of the first course of technical specialties of constructive-technical tasks with use of complications.

Proceeding of it, the primary goals of our research consist in definition of influence on cogitative of students' activity of complications introduction during the solution of the constructive-technical tasks.

Results of Research

Two groups of students (20 in each) have taken part in the experiment. They are the students of the first course of Mechanical and Technological and Design and Construction faculties of National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine.

According to the structure, the experiment consisted of such stages: theoretical training, the solution of tasks on acquainting, the solution of tasks with complications and the solution of tasks of a control series.

We have taken the constructive-technical tasks of V.O. Molyako's thesis research.

The solution of the constructive-technical tasks causes in students steady interest, as they are interested in novelty, originality of tasks, and the opportunity to make use of the practical experience.

Some possible methods of complications use at the solution of the constructive-technical tasks are offered, namely: limit of time, new variants, prohibitions, information insufficiency and so on [3].

The results of research received by V.Z. Skakun, testify that the introduction of sudden prohibitions influences mental actions of the subject, thus, that there is faster change of variants in cogitative activity, ordering of interrelations between structures and functions aside of their optimum association [5].

In a situation with complications the great value has how quickly and successfully the subject finds a way out of the created situation, what methods are used, how complications influence on its emotional condition, on its behavior in general [7].

It is possible to allocate such groups of students according to the reaction on introduction of the complicated conditions:

- Students in which cogitative activity is broken, some of them refuse the solution of tasks;
- Investigated that try to solve tasks in that way, as

before the introduction of complications;

- Students for whom the stimulating factor of cogitative activity is the introduction of complications.

On results of research carried out by us the majority of students concern to the third group (76 %).

In our experiment, we used a method of information insufficiency and a method of a prohibition. These methods are expedient for introduction at the stage of studying of a condition of a task as for stimulation of creative activity it is important to make active thinking at the initial stages of the process of the solution of a task.

The method of information insufficiency was used in several forms:

- The direction of the manipulation of one of the structural elements (functional insufficiency) was not marked;

- The task was given only in the text form;

- Complications were combined: functional insufficiency with the text form of a task.

The text form of a task stimulates the subject to renderline the main structural element with unequivocally defined functional property, which meets the requirements of a task.

Functional insufficiency forces the subject, besides the allocation of a structural element, to allocate a functional attribute and to subordinate to the course of thinking. Therefore, during cogitative activity at the stage of condition studying of a task and plan formation the subject the most optimal unites structural elements with functional.

The solution of the constructive-technical tasks is inconceivable without use of graphic activity. Nevertheless, a level of graphic training of students is low. In addition, students are not able to display correctly a structural element in a projection. The essence of difficulties is that the students are not able to transfer correctly a structural element (as a product of figurative thinking of the subject) to graphic activity.

At modern school Drawing it is not studied, and consequently there are difficulties

At students at the initial stages of studying at high school on technical specialties, and especially at students from countryside, most of them have low level of training from disciplines behind the school curriculum.

Information insufficiency stimulates cogitative activity, thus, that the subject during thinking process, and then, having convinced of the choice correctness, uses such structural element from the mental stock which most full answers both to a condition of a task, and its graphic skill.

At introduction of information insufficiency, the role of graphic activity during the solution of the constructive-technical task is decreased. It is very difficult to allocate during the solution the stages of understanding of a condition and formation of a plan without specially given experiment. We shall notify only, that such method of information insufficiency is an effective stimulator of cogitative activity and all or a significant part of cogitative actions are directed to the searches of necessary structurally functional elements at the stages of understanding of condition and origin of intention. This idea is also confirmed by the fact that at the solution of a task on graphic activity is spent less than 40 % of time.

Within the limits of research the experiment with the

purpose of features revealing of process of the solution of is constructive-technical tasks with use of a method of a prohibition has been carried out.

Transforming influence of sudden prohibitions can be connected with the change of that "tool", by means of which the pupil solved a task at the previous stages of work, and which represents less or most measure the organized system of constructive actions (in an ideal – strategy), directed on construction of the required solution, in particular analogy, a combination, reconstruction [6].

During of tasks solution by the students use the certain stamps and give advantage to structurally functional elements, ways and methods of the solution.

We considered, that introduction of a prohibition at the certain stage of solution process of the constructive-technical task makes active thinking of the subject, will destroy stamps in the choice of structural and functional elements and will qualitatively improve the solution of a task. A prohibition was introduced at the stage of studying of a task condition: carried out research earlier tasks solved by the subject, we forbade applying that type of transfer, which was used more often. Researches testify, that the prohibition positively influences on productivity of thinking, assists of activization of thought process, – helps "to extract" more remote structures and functions that increase the probability of optimal association of structurally functional elements and the correct solution from memory.

The task solutions are the solutions in analogies for the students. During the process of a prohibition method using beside with the solution of tasks in analogies, combinatory actions appear then, and they become steady in using.

V.O. Molyako marked that in technical creativity the advantage is given to combinatory actions [3, 100]. Our researches have shown: if it doesn't pay attention to quality of solutions of tasks with use of combination theory, and to take the fact of its use for a basis, and frequency of combinational actions realization in cogitative activity of students has increased up to 20 % at the solution of constructive-technical with complications.

Conclusion

So, our researches have shown, that introduction of complications during the solution of the constructive-technical tasks stirs up the cogitative activity of students, assists to enlarge the forms of necessary structurally functional groups searching, assists of construction of optimal variants of the solution of tasks.

References

1. *Venda, V. F.* (1990). The systems of the artificial intellect. Evolution, psychology, information science. Moscow, Mashinostroyeniye, 93.
2. *Kostyuk, G. S.* (1982). The problems of psychological thinking. Psychological questions. No 7, 8-15.
3. *Molyako, V. A.* (1983). Psychology of design activity. Moscow, Mashinostroyeniye, 134.

4. *Molyako, V. A.* (2002). The strategies of solution of the new tasks in the process of creative activity. No 4, 33-34.

5. *Molyako, V. O.* (2004). Psychology of creativity – new paradigm researching of the constructive activity of a man. Practical psychology and social work. No 8, 1-4.

6. *Tretyak, T. M.* (2005). Solving of the tasks by pupils in the complicated conditions. The creative potential of a personality: problems of the development and realization. Kyiv, 264-267.

7. *Skakun, V. Z.* (1986). Applying of the creative training in senior pupils' training to a work. Kyiv, Rad. Shkola, No 26, 52-60.

8. *Shupeiko, I. G.* (1983). Evolution and transformation of the solution strategies of the operative tasks in the process of studying. Thesis abstract of Candidate of Psychology Science. Moscow, 25.

Список літератури

1. *Venda V. F.* The systems of the artificial intellect. Evolution, psychology, information science. Moscow, 1990. 93 p.

2. *Kostyuk G. S.* The problems of psychological thinking. Psychological questions. 1982. No 7. P. 8–15.

3. *Molyako V. A.* Psychology of design activity. Moscow, 1983. 134 p.

4. *Molyako V. A.* The strategies of solution of the new tasks in the process of creative activity. 2002. No 4. P. 33–34.

5. *Molyako V. O.* Psychology of creativity – new paradigm researching of the constructive activity of a man. Practical psychology and social work. No 8. 2004. P. 1–4.

6. *Tretyak T. M.* Solving of the tasks by pupils in the complicated conditions. The creative potential of a personality: problems of the development and realization. Kyiv, 2005. P. 264–267.

7. *Skakun V. Z.* Applying of the creative training in senior pupils' training to a work. Kyiv, Rad. Shkola, 1986. No 26. P. 52–60.

8. *Shupeiko I. G.* Evolution and transformation of the solution strategies of the operative tasks in the process of studying. Thesis abstract of Candidate of Psychology Science. Moscow, 1983. 25 p.

У статті розглядається застосування методів інформаційної недостатності і заборона. на підставі рішення учнями конструктивно-технічних розглянуто задачі. Ці методи замутити розумову діяльність учнів, допомагає розширити форми необхідних структурно функціональні групи Пошук, надає допомогу в побудові оптимальних варіантів вирішення завдань.

Ключові слова: творче мислення, трансформація, стратегії, конструктивно-технічних задач, вирішення завдань, ускладнення.

РЕШЕНИЕ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ЗАДАЧ В УСЛОВИЯХ ДЕФОРМАЦИИ ИХ СОДЕРЖАНИЯ

Л. В. Березова

Аннотация. Задачи, вопросы и практические задания, является эффективным дидактическим способом, который делает активной творческой деятельности человека. Конструктивное мышление осуществляется при решении творческих задач. Анализ творческих развития технического мышления и особенности Конструктивно-технического решения задач. Творческое мышление-это поиск и открытие чего-то нового, для творчества, нужно владеть способностью самостоятельно и критически мыслить. Исходя из основных направлений, сформированных методами стратегии решения задач решение. Трансформация стратегии решения конструктивно-технической задачи с использованием осложнений является.

В статье рассматривается применение методов информационной недостаточности и запрет. на основании решения учащимися конструктивно-технических рассмотрены задачи. Эти методы замутить мыслительную деятельность учащихся, помогает расширить формы необходимых структурно функциональные группы Поиск, оказывает помощь в построению оптимальных вариантов решения задач.

Ключевые слова: творческое мышление, трансформация, стратегии, конструктивно-технических задач, решение задач, осложнении.

РОЗВ'ЯЗУВАННЯ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНІЧНИХ ЗАДАЧ В УМОВАХ ДЕФОРМАЦІЇ ЇХ ЗМІСТУ

Л. В. Березова

Анотація. Задачі, запитання та практичні завдання, є ефективним дидактичним засобом, який робить активної творчої діяльності людини. Конструктивне мислення здійснюється при вирішенні творчих завдань. Аналіз творчих розвитку технічного мислення і особливості Конструктивно-технічного рішення завдань. Творче мислення-це пошук і відкриття чогось нового, для творчості, потрібно володіти здатність самостійно і критично мислити. Виходячи з основних напрямів, сформованих методами стратегії вирішення завдань рішення. Трансформація стратегії рішення конструктивно-технічної задачі з використанням ускладнень є.

УДК 678.026.3.004.14.621.7

ОСОБЛИВОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ І РЕМОНТУ ЗАГЛИБЛЮВАЛЬНИХ ЕЛЕКТРОНАСОСІВ ТИПУ ЕЦВ

З. В. Ружи́ло¹, Р. М. Остапенко¹, Т. В. Дудчак²

¹Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна.

²Подільський державний аграрно-технічний університет, Україна.

Кореспонденція авторів: ruzhylo@nubip.edu.ua.

Історія статті: отримано – березень 2018, акцентовано – травень 2018.

Бібл. 4, рис. 1, табл. 1.

Анотація. Приведені результати досліджень зносостійкості радіальних підшипників ковзання заглиблювальних насосів, розроблена технологія їх відновлення, визначені найбільш характерні відмови заглиблювальних насосів, виробництву рекомендовані ремонтні розміри радіальних підшипників.

Ключові слова: заглиблювальний насос, радіальні підшипники ковзання, відновлення.

Постановка проблеми

Раціональне використання води – одна з важливих державних проблем. За орієнтовними підрахунками вчених, загальний обсяг гідросфери перевищує 1.4 млрд. кв. км, з яких 94% припадає на солоні води морів і океанів. З решти шести відсотків більшу частину (понад 4% гідросфери) складають підземні води. Запаси підземних вод досить великі, наприклад, Західно-Сибірський артезіанський басейн займає площу 3,5 млн. кв. км, що еквівалентно об'єму Каспійського моря. Однак більша частина підземних вод мінералізована і становить 14% світових запасів прісних вод, інші 85% прісних вод акумульовані в льодовиках, 1% припадає на річки, озера, ґрунтові води та атмосферні опади [1].

Нераціональне використання підземних вод в сучасних умовах неприпустимо. За даними ВООЗ (Всесвітньої організації охорони здоров'я) при ООН, 1/3 населення нашої планети відчувають нестачу в питній воді або споживає недоброякісну воду, через що майже 500 млн. чоловік щорічно хворіють, при цьому 10 млн., головним чином діти, гинуть.

Проблема води – одна з найбільш гострих проблем, і вона не може бути вирішена тільки за рахунок поверхневих джерел. Використання підземних вод стримується дефіцитом свердловинних електронасосів, їхнім низьким ресурсом роботи.

Як показав досвід експлуатації артезіанських насосів ЕЦВ - більшість випадків (80%) виходу з ладу цих насосів були пов'язані з поломкою їх електродвигунів. На сьогоднішній день більшість насосів ЕЦВ, що знаходяться в експлуатації, оснащені проточними електродвигунами. Особливістю

конструкції електродвигунів даного типу є те, що внутрішня порожнина контактує з водою.

Іншим негативним фактором, що негативно впливає на працездатність електродвигунів, є присутність в воді солей заліза та інших металів. Це викликає прискорену корозію статорного і роторного заліза, що призводить до погіршення електромагнітних властивостей заліза, і в кінцевому підсумку до зниження потужності електродвигуна, особливо при режимах роботи з тривалими зупинками насоса.

Також несприятливим режимом роботи для електродвигунів є режим роботи з частими пусками і зупинками. Чим частіше відбуваються пуски і зупинки, тим частіше відбувається обмін водою між внутрішньою порожниною електродвигуна і свердловиною і збільшується кількість піску, який потрапляє у внутрішню порожнину двигуна.

Занурювальні електронасоси в залежності від глибини залягання водоносного шару встановлюють від 30 до 250 м від поверхні землі, в зв'язку з чим персонал, що обслуговує насоси не має до них доступу.

Оцінити технічний стан електродвигунів насосів без підйому з свердловин і визначити ступінь їх працездатності практично неможливо.

Проведене обстеження електроустановки водопідйомних свердловин показало, що термін служби електронасосів до 1-го капітального ремонту знаходиться в межах від 1,4 до 12 тис. год. Завод-виробники електронасосів рекомендували через певний час роботи (в середньому 2-3 тис. год) піднімати електронасоси на поверхню, перевіряти їх та при виявленні неприпустимих зносів деталей або несправностей ремонтувати. При цьому виявлялося, що частина електронасосів перебувала в задовільному стані і піднімати їх на поверхню і розбирати не було необхідності, а частина електронасосів виходила з ладу до настання терміну ревізії. Тому на практиці електронасоси зазвичай працювали в свердловині з моменту опускання і до виходу з ладу, після чого проводився капітальний ремонт електронасосів на спеціалізованих підприємствах.

Витрати на підйом і опускання електронасосів з свердловин, за величиною, досягають вартості капітального ремонту. Найбільш раціональним є

підйом електронасосів на поверхню тільки в випадках, коли подальша експлуатація може призвести до аварійного виходу електронасосів з ладу.

Аналіз останніх досліджень

Статистика показує, що радіальні підшипники в значній мірі обмежують ресурс роботи заглиблених електродвигунів. При зносі підшипників ротор починає зачіпати за активну сталь статора, що призводить до пошкодження і виходу з ладу обмотки.

На вихід з ладу електродвигуна впливає: несправність підшипникового вузла – 20...25%; на обрив фази мережі живлення – 40...50%; заклинювання валу насоса, або електродвигуна – 10...15%; на пробій ізоляції внаслідок механічних пошкоджень – 15...25% [2].

При ремонті заглиблювальних електродвигунів на ремонтних підприємствах використовують різні, часто малоефективні способи усунення дефектів, які не дозволяють забезпечити комплектацію ремонтних об'єктів деталями і складовими частинами з параметрами не нижче рівня нових. Таке положення обумовлює низький післяремонтний ресурс капітально відремонтованих електродвигунів, який складає 65-70% від нового.

Мета досліджень

Дослідити спрацювання радіальних підшипників ковзання електрозаглиблювальних насосів і розробити технологію їх відновлення.

Результати досліджень

Галузевими стандартами передбачений випуск 198 типорозмірів свердловинних електронасосів, 36 типів насосів із трансмісійним валом, 30 типів осевих заглиблювальних насосів, 12 типорозмірів насосів для забруднених вод і ін. У даний час є реальна можливість підвищити середній ресурс свердловинних електронасосів до 20...25 тис. год. При цьому необхідно вирішити проблему захисту від корозії робочих органів і корпусних деталей, підвищити зносостійкість радіальних і осевих підшипників, використовувати обмотувальні проводи заглиблювальних електродвигунів з водостійкою ізоляцією, які б витримували підвищену температуру та ін.

Різні умови і режими, а також конструктивні особливості деталей заглиблювальних електродвигунів передумовлюють великий розбіг показників їх надійності та довговічності.

Так, в результаті дослідження ремфонду на електроремонтних підприємствах встановлено, що електродвигуни, які проробили до ремонту один рік складають – 14%, два роки – 33%, три роки – 21%, чотири роки – 17%, п'ять років – 6%. Понад п'ять років – 9%.

Тому величини спрацювання і характер дефектів деталей електродвигунів характеризуються великою різноманітністю і мають суттєві розбіжності.

Об'єктом дослідження були електронасоси типу ЕЦВ-6, що складають близько 54% усього випуску електронасосів, які застосовуються в сільському господарстві.

Насоси типу ЕЦВ призначені для роботи в неагресивній воді з температурою до +25⁰С, загальної мінералізації не більш 1500 мг/л із сухим залишком хлоридів, сульфатів і сірководнів і змістом механічних домішок 0,01% по вазі.

Існує 57 типорозмірів заглиблювальних електронасосів ЕЦВ для скважен діаметром 4, 5, 6, 8, 10, 12, 14, 16 дюймів.

Як привід заглиблених насосів ЕЦВ застосовуються водозаповненні електродвигуни ПЕДВ.

Нами зроблений аналіз спрацювання внутрішнього діаметра радіальних підшипників електродвигунів ПЕДВ 2,8-140, ПЭДВ 4,5-140 з наступною математичною обробкою результатів вимірювання.

Гістограма розподілу максимальних значень внутрішнього діаметра зображена на рисунку 1.

Отримано рівняння Вейбулла, що апроксимує дослідний розподіл:

$$F(x) = K \left\{ 1 - \exp \left[- \left(\frac{x-a}{b} \right)^e \right] \right\} = \quad (1)$$

$$= 105,1 \cdot [1 - \exp(-0,0125 - 1,125)],$$

Математичне чекання для розподілу Вейбулла складає 35,66 мм, а гранично допустимий розмір по технічних вимогах 35,25 мм. Підставляємо ці значення в рівняння (1) одержимо:

$$F(125) \approx 0,12.$$

Тобто, менш 12% підшипників задовольняє технічним вимогам по внутрішньому діаметру, тобто їх можна застосовувати повторно. Зовнішня поверхня (сталь40Х13) гумометалевого підшипника практично не зношується.

Забезпечення первісного зазору в зазначеному сполученні отримується за рахунок зменшення діаметру вала і виготовлення гумометалевих підшипників ремонтних розмірів зі зменшеними внутрішніми діаметрами. При цьому цілком відновлюється працездатність сполучення, тому що обробка під ремонтні розміри здійснюється з тими ж допусками, з якими виготовляються нові деталі. Розміри ремонтних втулок представлені в таблиці 1.

При спрацюванні посадочного місця в підшипниковому щиті під втулку його розмір відновлюють нанесенням еластомеру ГЕН-150 (В). Застосування еластомеру забезпечує демпфірування коливань вала ротора, що зменшує вібрацію.

Для ремонтних підприємств нами пропонуються два варіанти відновлення і виготовлення радіальних підшипників ковзання електродвигунів і насосів.

По першому варіанту на очищену від гуми поверхню металеві втулки обпресовують полімерну антифрикційну композицію на основі резольної фенолоформальдегідної смоли [3].

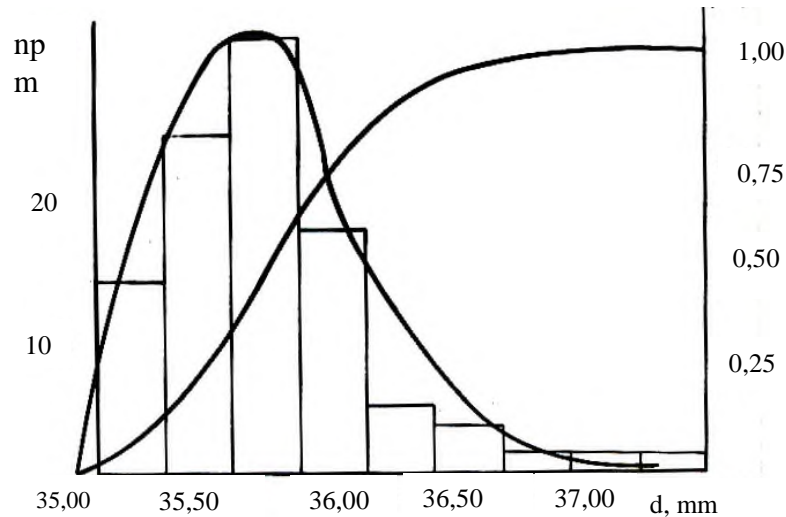


Рис. 1. Гістограма розподілу, теоретична функція розподілу і функція щільності розподілу вибірки максимальних значень внутрішнього діаметра радіальних підшипників: d – внутрішній діаметр, мм; m – частота; $F(u)$ – функція розподілу.

Таблиця 1. Розміри внутрішнього діаметру ремонтних втулок

Тип електродвигуна	Діаметр втулки, мм			
	Номінальний	1 ремонт	2 ремонт	3 ремонт
ПЕДВ-140	-0,15 35 -0,20	-0,15 34,5 -0,20	-0,15 34 -0,20	-0,15 33,5 -0,20

Антифрикційна композиція складається з колоїдного графіту, дисульфиду молібдену, порошкового поліаміду, фторопласту Ф4 і зв'язуюче. Мала усадка (0,1%) полімерної композиції дозволяє забезпечити необхідну точність внутрішнього діаметру без наступної механічної обробки.

По другому варіанту технологія передбачає виготовлення суцільного (без металевої обійми з сталі 40Х13) полімерного радіального підшипника [4] з антифрикційної композиції на основі фторопласту (фторопласт – Ф4, вуглецеве волокно, порошок мідь і ін.). При капітальному ремонті електронасосів зношені радіальні підшипники з антифрикційної композиції нагрівають до температури 170...190 С, вставляють в пресформу і пресують під тиском 30...40 МПа, відновлюючи їх до номінальних, або ремонтних розмірів. Недоліком цього методу є незначне зменшення розмірів по висоті підшипників, але перевага в тому, що зношений підшипник відновлюється багаторазово. Це значно зменшує собівартість ремонту.

Висновки

1. На основі досліджень ремонтному виробництву рекомендовані ремонтні розміри радіальних підшипників ковзання.

2. Технологія виготовлення антифрикційного підшипника ковзання на основі фторопласту забезпечить багаторазове його відновлення, що значно знизить собівартість ремонту.

Список літератури

1. Корсуков Е. В. Защита погружных электродвигателей от аварийных режимов работы: дис. канд. тех. наук. Челябинск, 2000. 184 с.
2. Гуляев П. В. Совершенствование защиты и управления электродвигателями погружных насосов на основе преобразователя частоты с широтно-импульсной модуляцией: дис.... канд. тех. наук. Зерноград, 2005. 181 с.
3. Дудчак В. П., Остапенко Р. М., Дудчак Т. В. Антифрикційна полімерна композиція. Патент на корисну модель. № 82869. Опубліковано 27.08.2013. Бюл. № 16.
4. Дудчак В. П., Остапенко Р. М., Дудчак Т. В. Спосіб одержання пористої антифрикційної композиції на основі фторопласту. Патент на корисну модель. № 82868. Опубліковано 27.08.2013. Бюл. № 16.

References

1. Korsutkov, E. V. (2000). Protection of submersible electric motors from emergency modes of operation: dis... cand. tech. sc. Chelyabinsk. 184.
2. Gulyaev, P. V. (2005). Improvement of the protection and control of motors of submersible pumps on the basis of the frequency Converter with pulse-width modulation: dis... cand. tech. sc. Zernograd. 181.
3. Dudchak, V. P., Ostapenko, G. M., Dudchak, T. V. (2013). Antifriction polymer composition. The patent for utility model. No 82869. Published on 27.08.2013. Bull.

No. 16.

4. *Dudchak, V. P., Ostapenko, G. M., Dudchak, T. V.* (2013). Method of producing a porous anti-friction composition based on PTFE. The patent for utility model. No 82868. Published on 27.08.2013. Bull. No 16.

ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ И РЕМОНТА ПОГРУЖНЫХ ЭЛЕКТРОНАСОСОВ ТИПА ЭЦВ

З. В. Ружило, Р. М. Остапенко, Т. В. Дудчак

Аннотация. Даны результаты исследований износостойкости радиальных подшипников скольжения погружных насосов, разработана технология их восстановления, определены наиболее характерные отказы погружных насосов, производству предложены ремонтные размеры радиальных подшипников.

Ключевые слова: радиальные подшипники скольжения, насос, восстановление.

FEATURES OF OPERATION AND REPAIR OF SUBMERSIBLE ELETRONICOS TYPE OF EЦВ

Ruzylo Z. V., Ostapenko R. M., Dubchak T. V.

Abstract. The results of researches of wearproofness of radial slidewaies of down-pumps are Given, technology is developed them восстановлени., the most characteristic refuses of down-pumps are certain, the production the repair sizes of the radial bearings are offered to.

Key words: radial slidewaies, pump, renewal.

УДК 502.7:719(477.74)

АНАЛІЗ ДЕНДРОФЛОРИ В ЛАНДШАФТНОМУ ДИЗАЙНІ СТАРОВИННОГО ПАРКУ СЕЛИЩА НЕМІШАЄВЕ

М. П. Кузьмінець¹, Ю. І. Дубовенко¹, В. В. Патока², О. М. Кузьмінець³

¹Національний транспортний університет, Україна.

²Ірпінське НВО "Ірпінський ліцей інноваційних технологій – Мала академія наук", Україна.

³Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів і природокористування України
"Немішаївський агротехнічний коледж", Україна.

Кореспонденція авторів: grafika_ntu@ukr.net.

Історія статті: отримано – березень 2018, акцептовано – травень 2018.

Бібл. 17, рис. 0, табл. 5.

Анотація. Зроблено комплексний дендрологічний аналіз липового парку в селищі Немішаєве. Дендрофлора парку включає 36 видів та 5 декоративних форм рослин з 22 родів, 13 родин. Провідні родини Rosaceae (6 видів), Tiliaceae (2), Aceraceae, Saprotifoliaceae, Pinaceae (по 4 види). Провідні роди Tilia (5 видів), Acer та Ulmus (по 4 види). Кількісно переважають *Celtis occidentalis* L. (14,7%), *Philadelphus pubescens* Loisel. (14,1%), 13 видів представлені 1 рослиною. У парку *ex situ* 5 екз. 3 видів, які підлягають охороні на державному і міжнародному рівні. У парку зростає 42 дерева 10 порід з діаметром стовбура понад 50 см. Найбільші розміри стовбура у *Tilia platyphyllos* (84 см *Tilia cordata* (64 см), *Quercus robur* (57 см). Аналіз дендрофлори свідчить про цінність парку, як об'єкту природно-заповідного фонду України.

Ключові слова: аналіз, дендрофлора, ландшафт, дизайн, липовий парк, Немішаєве, Київська область.

Постановка проблеми

Збереження рослин *ex situ* є одним із провідних напрямків охорони біорізноманіття серед рослинного світу. Цей напрямок реалізується у ботанічних садах і дендропарках, та інших парках, які є об'єктами природно-заповідного фонду. Надійним механізмом реалізації цього напрямку є розвиток мережі штучних заповідних об'єктів [1]. Заповідні парки стають каркасом екологічної мережі регіону в межах населених пунктів.

А там, де немає дендрологічних чи інших об'єктів природно-заповідного фонду (ПЗФ), можна реалізувати збереження рідкісних рослин *ex situ* через історичні парки, парки, створені навколо історичних садів – літніх резиденцій та/або палацо-паркових комплексів. Для збереження та збагачення зелених насаджень в історичних парках головною потребою є інвентаризація кількісно-видового складу рослин [2].

Деревні насадження у населених пунктах відіграють визначну санітарно-гігієнічну, екологічну, естетичну роль – на тлі скорочення частки лісових

масивів на території України. Помітні освітньо-виховна, пізнавальна та історико-культурна функції парків, особливо, якщо вони залучені до навчальних планів через формування екологічних стежок, алей здоров'я та інших форм освітньо-виховної діяльності. Реалізація цих функцій залежить від видового складу рослин, зокрема, дерев, які є основою зелених насаджень парків. Для старовинних парків, особливо тих, що не внесені з тих чи інших причин до реєстру ПЗФ, актуальність інвентаризації видового складу дендрофлори безперечна.

Вивчення різноманітності деревних рослин, які зростають у північних кліматичних умовах Київського Полісся, дозволить уточнити асортимент видів, акліматизованих для озеленення у цих кліматичних районах, з урахуванням глобальних змін клімату.

Аналіз останніх досліджень

Стан парків Київщини. У Київській області офіційно зареєстровано 6 парків з широким розмаїттям дендрофлори [3]. Найвідоміший з них – дендропарк "Олександрія" (м. Біла Церква) – архітектурно-садовий комплекс, закладений графинєю Олександрєю Браницькою на межі 18 і 19 ст. Площа парку ~297 га. Колекція парку налічує ~1800 видів, різновидностей та форм рослин, також всесвітньо відомі пам'ятки архітектури в стилі класицизму: головний вхід, ротонда, Руїни, колонада "Луна", китайський місток, скульптура Меркурія, джерело "Лев", резиденція Браницьких тощо.

Другим йде Згурівський дендропарк (смт. Згурівка), заснований у 1860-х рр. графом Кочубеєм. Площа парку ~300 га. На кінець 19 ст. у парку було 382 види дерев та кущів. Офіційна інвентаризація виявила в парку ~150 видів дерев, завезених із Європи, Азії, Америки (дуб, липа, осика, явір, ясен, ліщина, сосна звичайна та ін.) Є екзотичні види – ялина канадська, смерека бальзамована, ялина єврейська, туя, бундук, бархатний амур, клен сріблястий та інші.

Кагарлицький парк (м. Кагарлик) створений у 1790-х рр. статс-секретарем Трошинським. Площа парку ~32 га. Збереглись ворота ручної ковки, з кільцевидним орнаментом, альтанка часів Катерини II. Парк задуманий як модель земної кулі в мініатюрі, був створений ставок з острівцем, на який діставалися поромом. Вони символізували “океан” та “материк”, були також “протока”, “затока”, “півострів”. Нині у парку налічується ~25 видів деревних насаджень.

Сулимівський парк (с. Сулимівка, Бориспільський р-н) закладений у 16 ст., як сад навколо кам'яної церкви, закладеної гетьманом Іваном Сулимою. Площа парку 16.7 га. Флора парку – дуб, береза, ялина (в основі мішаний ліс), є руїни будинку 18 ст., скіфська кам'яна баба. Колекція парку налічує понад 30 видів місцевих та екзотичних порід дерев і чагарників, віком понад 200 років.

Ташанський парк (с. Ташань, Переяслав-Хмельницький р-н) заснував князь Горчаков в кінці 18 ст. Площа парку ~144 га. На території парку знаходився його триповерховий палац на 96 кімнат, поруч – театр, були службові приміщення: хлібні комори, стайні, кошари, телятник, пекарня, оранжерея, теплиця, звіринець, зимовий сад, пташник з екзотичними видами птахів. Межі між окультуреним і диким лісом не було, галявини плавно переходили в альпійські луки, квітники, ліс. За часів Горчакова у парку було створено 3 ставки з рибою. У 1920 р. палац та службові приміщення зруйнували, парк перетворився в ліс. Нині на території парку налічується ~36 видів дерев, кущів та ліан з 26 родів 18 родин.

Яготинський парк (м. Яготин) закладений в кінці 18 ст. графом Розумовським разом у його маєтку з палацом. Площа парку ~120 га. Флора була завезена з Європи, Азії, Америки. На території парку знаходиться палац Розумовських-Репніних (нині картинна галерея), флігель, в якому жив Шевченко, пам'ятники Катерині Білокур, Миколі Гоголю, єдина в Київській області алея пам'яті землякам, двічі Героям Великої Вітчизняної війни. Таксація парку не проводилась понад півстоліття, але у ньому зберігаються чимало видів екзотичних рослин.

Ландшафтний заказник загальнодержавного значення “Хутір Чубинського” (с. Чубинське) розташований на землях Великоолександрівської сільради у селі Чубинському. Площа ~10 га, де знаходився хутір Павла Платоновича Чубинського. Заказник створений з метою збереження місцевого ландшафту, рослинного покриву і вікових дубів, що є головною окрасою садиби П. Чубинського. У заказнику налічується понад ~15 декоративних порід дерев.

З незареєстрованих дендрологічних пам'яток, які зберегли рекреаційну та туристичну привабливість, можна назвати, як мінімум, 4 парки. Так, парк Лемешівський (Яготинський р-н) площею ~10 га, закладений у 1832 р. біля будинку В.О. Закревського. Нині парк складає ~4 га. Парк створений за проектом архітектора Червінського місцевими кріпаками. В паркову зону входить каштанова алея, 2 дуби, під якими писав Т.Г. Шевченко свої вірші, та став, штучно розроблений за наказом Закревського.

Дендрологічний аналіз парку не здійснено.

Ландшафтний парк с. Буки (Сквирський р-н) площею ~2.7 га закладений у 1996 р, і цікавий у будь-яку пору року рідкісними деревами та кущами, ставками та фонтаном. З оглядових майданчиків відкриваються мальовничі ландшафти парку, оригінальні архітектурні споруди, вид на річку Роставиця, де побудовано міні-ГЕС. На території парку зростають ~20 місцевих та екзотичних порід дерев та кущів. Основну привабливість парк набув за рахунок унікального скелястого ландшафту річки Роставиця та майстерно вписаних у ландшафт архітектурних споруд.

Парк при музеї-садибі І.С. Козловського (с. Мар'янівка) потопав у різнобарв'ї мальв, які вінком огорнули білу хатину під солом'яною стріхою, де народився видатний співак ХХ ст. Іван Козловський. Парк площею ~0.7 га з перехрестям алей спланував Іван Семенович разом з відомим архітектором парків Я. Руцьким у 1960-ті рр., як символ хреста у терновому вінку. Поряд із парком є фруктовий сад (яблуні, груші, вишні, черешні, сливи).

Мета досліджень

Зважаючи на вказаний перелік та основні характеристики історичних та ландшафтних парків Київщини, ми ставимо на меті показати, що старовинний липовий парк у селищі Немішаєве за комплексом ознак та видовим різноманіттям теж підпадає під перелік об'єктів, які потребують охорони держави. Така охорона забезпечується через включення об'єкту до переліку ПЗФ з наступним відновленням та рекультивацією.

Відповідно до Закону про природно-заповідний фонд України, у *паспорті парку*, який претендує на включення до об'єктів ПЗФ, має бути інформація про його *біорізноманіття*. Однак, повного переліку видів, що зростають у даному парку, немає, як і його детального дендрологічного аналізу.

Результати досліджень

Достовірний повний список дендрофлори парку можна отримати на основі поштучного обліку рослин. Метою роботи є довести цінність Немішаївського липового парку, як об'єкту ПЗФ, на основі детального обліку дендрофлори. Для цього вирішували завдання: виявити повний видовий склад дендрофлори та декоративні форми рослин; підрахувати кількість рослин кожного виду; провести систематичний, біоморфологічний, географічний та созологічний аналіз дендрофлори; встановити кількість та найбільший діаметр стовбура найстаріших дерев парку.

Об'єкт досліджень – старовинний липовий парк у селищі смт. Немішаєве (Бородянський р-н, вул. Біохімічна, 1). Предметом досліджень є історичні джерела, матеріали таксації, журнал обстежень, звіти екологічного моніторингу парку та його околиць, результати попередніх досліджень [4] тощо.

Немішаївський парк закладений у першій половині 19 ст. графом Карлом Сакеном, дійсним таємним радником, що служив у Ліфляндії, і був героєм Вітчизняної війни 1812 р., якому землі та маєток подаровані за заслуги перед Вітчизною. По його смерті маєток дістався камергеру Івану Христофоровичу фон дер Остен-Сакену, який помер у 1853 р., а після нього – його сину, генерал-майору графу Карлу Івановичу фон дер Остен-Сакену. Разом з маєтком роду Сакенів належали землі з селами Мироцьке, Микуличі, Пилиповичі, Бабинці, Пороскотень.

Площа парку ~5.5 га. До парку прилягає фруктовий сад площею ~10 га. На території парку знаходилася його літня палацова резиденція, яка в радянські часи правила за будинок культури – нині від нього лишилися руїни. В парку знаходяться двохсотрічні липи, сосни, верби, та інші (дуб, липа, осика, явір, ясен, ліщина, сосна звичайна і т.п.). Через територію парку пролягає ланцюг мальовничих ставків, вписаних у похилий ландшафт. На водному плесі двох ставків є острівці, зарослі верболозом. Береги ставків оточені яворами та тополями. Сам парк розбивався за канонами англійського саду, а його рельєф дещо нагадує знамениту уманську пам'ятку – парк “Софіївка”. До парку прилягає яблуневий сад [5]. В останні роки паркові руїни стали авансценою для різних мистецьких акцій – художній пленер, літній фестиваль театрів тощо.

Попри руїну і занедбаність, парк досі є неповторним куточком поліської природи з реліктами, занесеними до Червоної книги України. Врятований від знищення зусиллями місцевої громадської організації “Наш дім”. Планується за рахунок субсидій держави та меценатів перетворити його у дендропарк за моделлю “Україна в мініатюрі” з аграрно-дослідним комплексом під патронатом Центрального ботанічного саду ім. М. Гришка НАН України (м. Київ). За результатами вивчення доцільно присвоїти йому статус – *парк-пам'ятка садово-паркового мистецтва місцевого значення*.

Згідно правил утримання зелених насаджень міст та інших населених пунктів України, за площею липовий парк є малим парком. Ця ділянка знаходиться на межі історичного ареалу селища [5]. Парк створено за рішенням виконкому селищної ради у 2016 р. Протягом 116-річного періоду розвитку селища він був невід'ємною складовою його життя. Згадує парк біля с. Мироцьке О.Л. Липа, який розглядав його серед “декоративних парків Київщини, які становлять інтерес як історико-культурні пам'ятки” [6]. Це найстаріший і найбільший парк селища як за складом насаджень, так і їх композицією. Парк спланований у природному стилі з системою звивистих доріжок, світлими галявинами, красивими ландшафтними деревними групами і пологим спуском до водного плеса ставків.

Ландшафтні умови парку. Липовий парк площею 5.5 га розташований в північно-східній частині селища Немішаєве Бородянського району Київської області, на віддалі понад 1 км від траси Київ-Ковель. Він межує з південного боку з вулицею Паркова, де починається садибна житлова забудова приватного

сектору селища (масив Біохімічний).

З протилежного боку парк обмежується видовженим ставом, утвореним розливом річки Орлянка. Водне плесо ставу є невіддільною частиною парку, і з північного боку межує із городами сусіднього с. Мироцьке. Зі сходу парк переходить у круту й досить глибоку (~6 м) балку, яка виположується на північний схід на рівень городів жителів смт. Немішаєве. Із західного боку парк вільно переходить у фруктовий сад площею понад 10 га, який теж вважається частиною цього парку. Руїни колишнього палацу розташовані в кінці під'їзної дороги, біля центрального входу в парк, ближче до його південно-західної частини.

Районування парку. За геоботанічним районуванням України смт. Немішаєве перебуває у межах Поліської лісостепової провінції Лісостепової підобласті (зони) Євразійської степової області [7].

Географічно парк розташований в межах алювіального схилу правого борту Придніпровської низовини, з непорушеним субгоризонтальним заляганням осадових відкладів. Грунти в межах території, на якій розташований парк та маєток, в основному, супіщані та дерново-підзолисті, з близьким заляганням до поверхні підземних вод (інколи не глибше 1 м). Є неоднократні виходи на поверхню піщано-глинистих порід, що ускладнює озеленення парку [8].

Рельєф парку пересічений, з поступовим у – західній його частині, та достатньо різким – у східній перепадом висот (гіпсометрична крива має складну форму з наростанням градієнту у бік балки). Загальне полого зниження рельєфу спостерігається у бік ставка. Величина перевищення південної частини парку, де розташовані руїни палацу, над північною, прилеглою до ставка, складає ~5 м.

Парк розташований у зоні Київського Полісся. Клімат даної зони помірно-континентальний, з нестійкою зимою і помірним літом, нечастими опадами. Середня температура влітку +25 °С, взимку – 16 °С. За агрокліматичним районуванням України, територія відноситься до помірно посушливої агрокліматичної зони з гідротермічним коефіцієнтом 0.7-0.9, сумою активних температур 2200-3000 °С, кількістю опадів 715 мм на рік, 280-360 мм за теплий період року, тривалістю періоду активної вегетації рослин 160-179 днів, тривалістю безморозного періоду на поверхні ґрунту 170 днів, вегетаційного – 100-120 днів. Вітри переважають південно-східні, південні, взимку – північно-східні, інтенсивністю ~5-15 м/с. Загальний рельєф території району, де розташований парк, є слабохвилястою рівниною зі значною кількістю мископодібних западин, має нахил ~0-1° на південь. Опадів за рік випадає ~440-560 мм. Середньорічна температура – в районі ~6,3 °С, амплітуда – від -24,6 °С до + 34 °С. Середньорічна кількість опадів сягає ~527 мм, найбільше – у літньо-осінній період.

Максимальна глибина промерзання на рівних ділянках сягає ~135 см, мінімальна ~40 см, середня ~88 см. У вигляді снігу випадає ~22-30% річної кількості опадів, які при добрих умовах водопоглинення створюють значні запаси

продуктивної вологи у ґрунті та забезпечують формування достатнього приросту деревних культур.

Запаси продуктивної вологи у метровому шарі ґрунту на початку вегетації ~120-170 мм, наприкінці вегетації ~70-90 мм. Повторюваність атмосферної помірної посухи становить 9-15 днів на рік, суворі ~2-5 днів, спостерігають сухоті ~1-2 дні за рік [7].

Обстеження парку проведено у вересні 2016 р. маршрутним методом. Обсяг дендрофлори розглядався згідно джерел [9]. Визначення видів рослин проводили за [10, 11], декоративних форм – за О.І. Колесниковим [12]. Назви рослин наведені за чек-листом [16], обсяг родин – за останніми даними [12]. Життєві форми визначали зі спостережень на основі класифікації І.Г. Серебрякова [14]. Географічний аналіз здійснено за флористичним районуванням Землі А.Л. Тахтаджяна [11]. Проведено поштучний

облік рослин парку, підрахована кількість рослин кожної породи. Для куртин встановлювали їх площу, для ґрунтопокривних рослин – кількість місць зростання, приблизну площу покриття ними ґрунту.

Найстаріші дерева встановлювали за непрямим показником – найбільшим діаметром стовбура на рівні ~1.3 м. Охоронний статус видів виявляли відповідно до Червоної книги України [15] та електронної бази даних Червоного списку МСОП 2012 р. [13]. За результатами таксації, проведеної у 2006 р. виявлено, що у парку на той час зростало 29 видів деревних та напівдеревних рослин з 22 родів, 13 родин [17]. За результатами додаткового детального обстеження у 2016 р. встановлено додатково 7 видів з 3 родин. Остаточний перелік видів рослин Немішаївського парку за абеткою латинських назв наведений у табл. 1.

Таблиця 1. Видовий та кількісний склад дендрофлори парку.

№	Вид, культивар		Родина	Кількість рослин екз.	% заг. кільк. росл. %	Життєва форма Тип
	латинська назва	українська назва				
Pinophyta – хвойні						
1.	<i>Picea abies (L.) Karst.</i>	Ялина звичайна	Соснові		3	Д
2.	<i>Pinus sylvestris L.</i>	Сосна звичайна	Соснові		10	Д
Magnoliophyta – покритонасінні						
3.	<i>Acer negundo L.</i>	клен ясенolistий	Кленові		5	Д-К
4.	<i>Acer platanoides L.</i>	клен гостролистий	Кленові		2	Д
5.	<i>Acer saccharicum L.</i>	клен цукристий	Кленові		2	Д
6.	<i>Acer tataricum L.</i>	клен татарський	Кленові		1	Д-К
7.	<i>Aesculus hippocastanum L.</i>	гіркокаштан звичайний	Гіркокаштан.		0.1	Д
8.	<i>Ailanthus altissima Swingle</i>	вільха чорна	Березові		0.2	Д
9.	<i>Betula pendula Roth.</i>	береза повисла	Березові		0.1	Д
10.	<i>Carpinus betulus L.</i>	граб звичайний	Березові		0.1	Д
11.	<i>Corylus avellana L.</i>	ліщина звичайна	Березові		0.05	К-Д
12.	<i>Crataegus monogyna Jacq.</i>	глід одноматочковий	Розові		0.1	Д-К
13.	<i>Crataegus submollis Sarg.</i>	глід м'якуватий	Розові		0.05	Д
14.	<i>Prunus divaricata Ledeb.</i>	алича	Розові		0.02	Д-К
15.	<i>Prunus domestica L.</i>	слива домашня	Розові		0.03	Д
16.	<i>Pyrus communis L.</i>	груша лісова	Розові		0.02	Д
17.	<i>Rosa Canina L.</i>	шипшина собача	Розові		0.02	К
18.	<i>Rubus caesius L.</i>	ожина	Розові		0.01	НК
19.	<i>Populus alba L.</i>	тополя біла	Вербові		4	Д
20.	<i>Populus deltoides Marsh.</i>	тополя канадська	Вербові		3	Д
21.	<i>Populus simonii Carr.</i>	тополя китайська	Вербові		1	Д
22.	<i>Salix alba L.</i>	верба біла	Вербові		0.1	Д
23.	<i>Tilia cordata Mill.</i>	липа серцелиста	Липові		51	Д
24.	<i>Tilia platyphyllos Scop.</i>	липа широколиста	Липові		7.5	Д
25.	<i>Fraxinus excelsior L.</i>	ясен звичайний	Маслинні		0.1	Д
26.	<i>Quercus robur L.</i>	дуб звичайний	Букові		0.2	Д
27.	<i>Robinia pseudoacacia L.</i>	робінія звичайна	Бобові		0.2	Д
28.	<i>Sambucus nigra L.</i>	бузина чорна	Бузинові		0.01	К-Д
29.	<i>Ulmus laevis Pall.</i>	в'яз гладенький	Ільмові		0.01	Д
30.	<i>Syringa vulgaris L.</i>	бузок звичайний			0.01	К-Д
31.	<i>Viburnum opulus L.</i>	калина звичайна			0.01	К
32.	<i>Cornus mas L.</i>	дерен справжній			0.01	К-Д
33.	<i>Euonymus europaea L.</i>	бруслина європейська			0.01	К-Д
34.	<i>Spiraea x vanhouttei Zabel</i>	таволга Вангутта			0.01	К
35.	<i>Vinca minor L.</i>	барвінок малий			0.01	ГП
36.	<i>Viscum album L.</i>	омела біла			0.03	П
	Разом				100	

Типовий біогеоценоз для території парку – лісові насадження типу свіжа кленово-липова діброва (Д₂-к-лД). Згідно [17], за суцільним переліком таксаційна характеристика насаджень така: 7Лпд1Клг1Тч1Сз (70% – липа, 10% – клен, 10% – тополя, 10% – сосна). Насадження створені у другій пол. XIX ст. Фактичний вік головної породи – липи сердцелистої (*Tilia cordata Mill*) – понад 160 років, сосни, ялини – до 150 років, клена та інших порід – до 95 років. Середня висота липи ~26.8 м, середній діаметр ~54.4 см, об'єм дерева ~2.83 м³. Окремі дерева мають діаметр 98 см і більше із запасом ~8 м³.

Проведений у 2016 р. додатковий непрямий аналіз вікового складу липових насаджень, що ростуть уздовж головної алеї парку, дав такі результати (таблиця 2).

Таблиця 2. Середній обхват лип уздовж центральної липової алеї парку.

№	Висота заміру, м	Середній обхват, м	~Діаметр, м	Обчисл. вік, р.
1.	2.1	1.9	0.61	~125
2.	1.7	3.5	1.11	~230
3.	1.4	2.1	0.67	~140
4.	1.5	1.6	0.51	~105
5.	1.2	1.7	0.54	~110
6.	2.0	2.1	0.67	~140
7.	1.7	2.6	0.83	~170
8.	2.3	1.7	0.54	~110
9.	2.9	2.0	0.64	~130
10.	1.4	2.1	0.67	~140

Основна роль парку – естетична і ґрунтозахисна. З півночі і сходу парку містилась балка та яр. Створення парку сприяло призупиненню процесів ерозії ґрунту і розмиву берегів. Рельєф парку має схил в північному-східному напрямку до ~5 м. Очевидно, що більша частина парку у минулому мала ландшафтне планування. Але первинне планування парку втрачене. Залишилась лише центральна алея, велика галявина, окремі куртини з сосни звичайної (*Pinus sylvestris L.*) та вільхи чорної (*Alnus glutinosa L. Gaertn.*). Зараз парк перетинають тільки транзитні ґрунтові дороги та стежки. Між садом та парком залишився межовий вал. З цього ж боку є захисний вал з тополі китайської (*Populus simonii Carg.*).

Характеристика насаджень парку. У парку зростають дерева та кущі, які належать до 36 видів з 22 родів 13 родин (табл. 1). Кількість видів незначна, але у список входить 2 види хвойних рослин – ялина звичайна (*Picea abies L. Karst*) та сосна звичайна (*Pinus sylvestris L.*), серед листяних є 2 не дуже поширені види – глід м'якуватий (*Crataegus submollis Sarg.*) та тополя китайська (*Populus simonii Carg.*). Серед видового складу такі життєві форми: 24 види – дерева, 4 – кущі, 1 – напівкущ. Переважаючим видом у парку є липа сердцелисна (*Tilia cordata Mill*). Збереглися вікові дерева ялини звичайної (*Picea abies L. Karst*), липи сердцелистої (*Tilia cordata Mill*) та вільхи чорної (*Alnus glutinosa L. Gaertn.*). Насадження за участю вікових дерев становлять значну естетичну, історичну та екологічну цінність.

Санітарний стан парку. Попри те, основу парку становить липа сердцелисна (*Tilia cordata Mill*) – вид, який вражається з віком омелою білою (*Viscum album*), у парку омели на липах немає. Є кілька рослин клену цукристого (*Acer saccharinum L.*), тополі канадської (*Populus deltoides Marsh*) та берези повислої (*Betula pendula Roth*), на яких з'явився цей напівпаразит. Відсоток враження невисокий (15%), тому не пізно провести обрізку уражених гілок. На території є окремі всохлі дерева. Почали з'являтися хащі із клена ясенolistого (*Acer negundo L.*) та самосіву інших малоцінних деревних видів.

Територія парку ніким не доглядається і донедавна була засмічена побутовим сміттям. Але останні 2 роки, у зв'язку з проведенням довкола руїн маєтку Остен-Сакена ряду культурних заходів (театральний фестиваль, художній пленер) фасадна частина парку очищена і мінімально впорядкована зусиллями місцевих активістів.

Біля балки серед насаджень зведено кілька сараїв та загонів, які доцільно винести за межі парку. За парком не було належного догляду ~20 років. Через це у ньому нині лишилися переважно дерева, а кущі, як менш довговічні та переважно світлолюбні види, випали.

Видовий аналіз виявив: у парку зростають декоративні форми рослин. Зокрема, з табл. 1 видно, що у парку серед 173 рослин кількісно домінують *Tilia* (25 екз., 14,5%), *Populus* (24 екз., 13,9%), *Pinus* (18 екз., 10,4%). Чисельними є *Acer* (9 екз., 5,2%), *Prunus* (7 екз., 4%), *Quercus* (6 екз., 3,5%), *Fraxinus* (5 екз., 2,9%).

Кількісно 9 видів представлені кількістю рослин 11-20, 12 видів мають 6-10 особин, 6 видів – 2-5 рослин, 6 видів представлені 1 рослиною, існує небезпека їх зникнення найближчим часом. Виявлено, що *Buxus sempervirens* утворює 2 куртини загальною площею 5 м². *Vinca minor* вкриває ґрунт на площі 5,5 м² у 2 локалітетах. Є *Vitis vinifera* висотою 1 м випадкового походження. На *Tilia tomentosa* зафіксовано 1 екземпляр *Viscum album*. Так, у парку виявлено 34 культигенофіти та 2 спонтанофіти.

Систематичний аналіз за сучасною класифікацією квіткових рослин [12] показав, що провідними є родини Розові (7 видів), Кленові (4), Березові (4), Вербові (4), Соснові (2), Липові (2). Решта, 12 родин представлені 1 видом. Провідними родами є *Rosacea*, містить 7 видів; *Acer* та *Ulmus*, по 4 види; *Lonicera*, 3 види. Згідно класифікації життєвих форм І.Г. Серебрякова [14], у парку виявили 10 життєвих форм деревних і напівдеревних рослин (табл. 3).

Майже всі рослини є деревними, напівдеревне одне – *Vinca minor*. Серед деревних рослин переважають дерева, кущів у 2,3 рази менше. Кущиками є *Viscum album* (напівпаразитний вічнозелений). Співвідношення листопадних та вічнозелених рослин 4.4 на користь листопадних. До вічнозелених рослин відносять всі голонасінні (2 види), 2 види покритонасінних рослин; 1 вид є напіввічнозеленим (*Lonicera fragrantissima*). Вічнозелені рослини надають декоративність парку протягом року, їх наявність є важливою.

Таблиця 2. Спектр життєвих форм основної частки дендрофлори парку.

Життєва форма	Кількість росл., шт	Частка дендрофлори, %
Деревні рослини	60	99,0
Дерева	42	83,0
Дерево листопадне одноствовбурне	22	73,3
Дерево вічнозелене одноствовбурне	9	5,1
Дерево листопадне одно- або багатостовбурне	7	3,5
Дерево листопадне одно-, багатостовбурне або кущ	1	1,0
Кущі	18	14,5
Кущ прямостоячий листопадний	17	13,5
Кущ ліаноїдний листопадний	1	1,0
Кущики	3	1,5
Кущик напівпаразитний вічнозелений	1	0,5
Кущик прямостоячий вічнозелений	1	0,5
Кущик прямостоячий розетковий вічнозелений	1	0,5
Напівдеревні рослини	1	1,0
Напівкущ ліановидний вічнозелений	1	1,0
Разом	99	100,0

Таблиця 4. Географічний спектр дендрофлори парку.

Ареали та групи ареалів	Кількість видів, шт	Частка дендрофлори, %
Циркумбореальна група	24	44,9
Циркумбореальний	8	14,6
Середземноморсько-циркумбореальний	10	18,2
Ірано-турансько-циркумбореальний	3	4,5
Середземноморсько-ірано-турансько-циркумбореальний	3	7,6
Азійська група	4	21,2
Східноазійський	2	9,1
Ірано-туранський	1	3,0
Азійський	1	9,1
Північноамериканська група	5	19,7
Атлантично-північноамериканський	3	13,6
Північноамериканський	2	6,1
Середземноморська група	2	9,6
Середземноморський	1	7,6
Ірано-турансько-середземноморський	1	3,0
Не встановлено	1	4,5
Разом	36	100,0

Таблиця 5. Кількість старих дерев та їх найбільший діаметр у парку.

Вид	Кількість дерев з діаметром понад				Максимальний діаметр, см	Частка великих дерев, %
	50 см	60 см	70 см	80 см		
<i>Picea abies (L.) Karst.</i>	1	–	–	–	55	20,0
<i>Pinus sylvestris L.</i>	2	–	–	–	57	18,2
<i>Acer negundo L.</i>	2	–	–	–	57	22,2
<i>Tilia platyphyllos Scop.</i>	16	14	7	2	84	27,3
<i>Tilia cordata Mill.</i>	4	2	–	–	64	16,7
<i>Quercus robur L.</i>	3*	–	–	–	57	22,2
<i>Populus deltoides Marsh.</i>	5	5	–	–	62	38,5
<i>Salix alba L.</i>	1	–	–	–	52	20,0
<i>Acer platanoides L.</i>	3	3	1	–	71	20,0
<i>Ailanthus altissima Swingl</i>	4	1	–	–	60	10,3
Разом	42	22	10	2	84	21,5

*1 екземпляр сухий. У 5 видів – задовільне насіннєве відновлення: *Ailanthus altissima*, *Celtis occidentalis*, *Fraxinus excelsior*, *Robinia pseudoacacia*, *Ulmus minor*, *U. pumila*, *U. suberosa*. Інтенсивно воно відбувається у перших 2 видів. В результаті самовідновлення та відсутності належного догляду протягом тривалого часу кількісно домінує у парку *Celtis occidentalis*.

Частка видів вічнозелених рослин парку (6,5%) є значною, по кількості вічнозелені становлять 23 екз. (13,3% всіх рослин).

Географічний аналіз дендрофлори свідчить про переважання інтродукованих видів (табл. 4), тобто інтродуковані в Україну рослини становлять 56%. З іноземних видів переважають азійські та американські.

Созологічний аналіз свідчить про наявність у парку 1 виду з Червоної книги України (*Taxus baccata*) і 4 видів з Червоного списку Міжнародного Союзу охорони природи, що потребують особливої уваги (*Picea pungens*, *Pinus nigra*, *Taxus baccata*, *Tilia platyphyllos*). Всього рослин, що підлягають особливій охороні, у парку налічується 5 екз.

У парку зростає 42 дерева 10 порід з діаметром стовбура понад 50 см (табл. 5). Найбільших розмірів сягають особини *Pinus sylvestris*, *Tilia platyphyllos* та *Quercus robur*. Частка великих дерев від загальної кількості екземплярів даної породи коливається у значних межах: від 18,2% у *Pinus sylvestris* до 27,3% у *Tilia platyphyllos*.

Висновки

1. У парку виявлено 36 видів та 5 декоративних форм деревних та напівдеревних рослин з 22 родів, 13 родин, 11 порядків, 4 класів та 2 відділів. Провідними родинами є Fabaceae (8 видів), Rosaceae (6), Oleaceae та Tiliaceae (по 5), Aceraceae, Saprotifoliaceae та Pinaceae (по 4). Моновидовими є 6 родин. Провідними родами є *Tilia* (5 видів), *Acer* та *Ulmus* (по 4 види). Біорізноманітність дендрофлори парку представлена 10 життєвими формами за [14], ботаніко-географічна – 11 типами ареалів за [11].

2. Частка інтродукованих видів (61%) у парку наближена до встановленої загалом для півночі України (70 %). Рослини, що підлягають офіційній охороні на міжнародному та державному рівні, – 3,6% всіх видів та 6,6% всіх особин дендрофлори парку; 21,5% деревних порід представлені екземплярами з діаметром стовбура >50 см. Частка старих рослин у парку ~14,9% всіх дерев. Кількісна перевага серед деревних порід тих, що добре відновлюються (*Celtis occidentalis*, *Ulmus minor*, *Fraxinus excelsior*), свідчить про відсутність протягом тривалого часу догляду за парком.

3. Попри зменшення формо-видового складу деревних рослин, його цінність як об'єкту живої природи, збережена. Слід провести повторну детальну таксацію насаджень парку, яка планується на осінь 2018 р. Доцільно вести постійний моніторинг стану рослин, щоб запобігти відмиранню або знищенню видів, представлених одиницями екземплярами. Доцільно збільшити кількість екземплярів цих видів, повторно висадити ті види і форми, які зростали у парку і зникли (*Sambucus nigra* f. *laciniata*, *Fagus sylvatica* f. *purpurea*).

Список літератури

1. Мосякін С. Л. Родини і порядки квіткових рослин флори України: прагматична класифікація та положення у філогенетичній системі. Укр. ботан. журн. 2013. Том 70, № 3. С. 289–307.

2. Музика Г. І., Грабовий В. М. Методологія збереження та збагачення високодекоративних й екологічно ефективних зелених насаджень в історичних парках. Актуальні проблеми озеленення населених місць: освіта, наука, виробництво, мистецтво формування ландшафту: Матер. II Міжн. наук.-практ. конф., 4–6 червня 2014 р. Біла Церква, 2014. С. 76–79.

3. Київська область. Природно-заповідний фонд Української РСР. Київ : Урожай, 1986.

4. Леоненко В. Б., Стеценко М. П., Возний Ю. М. Додаток до атласу об'єктів природно-заповідного фонду України. Київ : ВПЦ «Київський університет», 2003. 142 с.

5. Ткаченко Л. Г., Романова Е. П., Пронько Г. Г., Дульська Н. Л. Историческая справка становления и развития Немешаевского завода биохимических препаратов. Немешаево, 1989. 56 с.

6. Луца О. Л. Визначні сади і парки України та їх охорона. Київ : Вид-во Київського ун-ту, 1960. 176 с.

7. Національний атлас України. Київ : ДНВП «Картографія», 2009. 440 с.

8. Карта ґрунтів Української РСР. 1969. М 1 : 200 000.

9. Кохно М. А. Каталог дендрофлори України. Київ : Фітосоціоцентр, 2001. 72 с.

10. Доброчаєва Д. Н., Котов М. И., Прокудин Ю. Н. Определитель высших растений Украины. Киев : Наукова думка, 1987. 548 с.

11. Тахтаджян А. Л. Флористические области Земли. Ленинград : Наука, 1978. 274 с.

12. Колесников А. И. Декоративная дендрология. Москва : Лесная промышленность, 1974. 745 с.

13. The IUCN Red List of Threatened Species. 2012.2. Режим доступу: <http://www.iucnredlist.org>.

14. Серебряков И. Г. Морфологическая экология растений. Москва: Высшая школа, 1962. 378 с.

15. Червона книга України. Рослинний світ. За ред. Я. П. Дідуха. Київ: Глобал консалтинг, 2009. 912 с.

16. Mosyakin S. L., Fedoronchuk M. N. Vascular plants of Ukraine. A nomenclatural checklist. Kiev: M.G. Kholodny Institute of Botany, 1999. 346 p.

17. Гульчак В. П. Матеріали детального обстеження лісового насадження в заводському парку смт. Немішаєве Бородянського району Київської обл. (13.03.2006). Укрдержліспроєкт. 2006. 19 с.

References

1. Mosyakin, S. L. (2013). Families and orders of flowering plants of ukrainian flora: a pragmatic classification and positions in the phylogenetic system. Ukr. Botanical journal, 70 (3), 289-307.

2. Muzyka, H. I., Hrabovyy, V. M. (2014). Methodology of preservation and enrichment of highly

decorative and environmentally efficient green plantations in historical parks. Urgent problems of landscaping of inhabited places: education, science, production, art of landscape formation: Mater. II International science-practice conf. Bila Tserkva (Ukraine), 76-79.

3. *Kyiv District*. (1986). Natural Resources Fund of the Ukrainian SSR. Kyiv: Urozhay, 305.

4. *Leonenko, V. B., Stetsenko, M. P., Voznyy, Yu. M.* (2003). Supplement to the atlas of objects of the nature reserve fund of Ukraine. Kyiv: VPC «Kyivskyy universytet», 142.

5. *Tkachenko, L. G., Romanova, Ye. P., Pron'ko, G. G., Dul'skaya, N. L.* (1989). Historical reference of becoming and development of Nemeshayevsky plant of biochemical preparations. Nemeshayev, 56.

6. *Lyra, O. L.* (1960). Prominent gardens and parks of Ukraine and their protection. Kyiv : Vyd-vo Kyivivs'koho un-tu, 176.

7. *National atlas of Ukraine*. (2009). Kyiv: DNVP «Kartohrafiya», 440.

8. *Map of soils of the Ukrainian SSR*. (1969). Scale 1:200 000.

9. *Kokhno, M. A.* (2001). Catalog of dendroflora of Ukraine. Kyiv: Fitosotsiotsentr, 72.

10. *Dobrochayeva, D. N., Kotov, M. I., Prokudin, Yu. N.* (1987). The determinant of higher plants of Ukraine. Kyiv: Naukova dumka, 548.

11. *Takhtadzhyan, A. L.* (1978). Floristic regions of the Earth. Leningrad: Nauka, 274.

12. *Kolesnikov, A. I.* (1974). Decorative dendrology. Moscow: Lesnaya promyshlennost', 745.

13. *The IUCN Red List of Threatened Species*. (2012). Available at: <http://www.iucnredlist.org>

14. *Serebryakov, I. G.* (1962). Morphological ecology of plants. Moscow: Vysshaya shkola, 378.

15. *Didukh, Ya. P.* (2009). Red Book of Ukraine. Vegetable world. Kyiv: Hlobal konsal'tynh, 912.

16. *Mosyakin, S. L., Fedoronchuk, M. N.* (1999). Vascular plants of Ukraine. A nomenclatural checklist. Kiev: M.G. Kholodny Institute of Botany, 346.

17. *Hul'chak, V. P.* (2006). Materials of detailed survey of forest plantations in the factory park of Nemishayeve, Borodyanka district of Kyiv region (from March 13, 2006). Ukrderzhlisproekt, 19.

охране на государственном и международном уровне. В парке произрастает 42 дерева 10 пород с диаметром ствола свыше 50 см. Наибольшие размеры ствола у *Tilia platyphyllos* (84 см *Tilia cordata* (64 см), *Quercus robur* (57 см). Анализ дендрофлоры свидетельствует о ценности парка, как объекта природно-заповедного фонда Украины.

Ключевые слова: анализ, дендрофлора, ландшафт, дизайн, липовый парк, Немешаево, Киевская область.

DENDROFLORAL ANALYSIS IN THE LANDSCAPE DESIGN OF ANCIENT PARK IN NEMISHAYEVE

Kuzminets M. P., Dubovenko Yu. I., Patoka V. V., Kuzminets O. M.

Abstract. The complex dendrological analysis of Linden Park in Nemishayev village is performed. The park's dendroflora includes 36 species and 5 decorative forms of plants from 22 genera, 13 families. The leading families are Rosaceae (6 species), Tiliaceae (5), Aceraceae, Caprifoliaceae, Pinaceae (4). The leading genera are *Tilia* (5 species), *Acer*, *Ulmus* (4). Species *Celtis occidentalis* L. (14.7 %), *Philadelphus pubescens* Loisel. (14.1 %) predominate in the park's dendroflora. 13 species are represented with a single specimen. There are 5 specimens of 3 plant species included to the Red List of the International Union for Conservation of Nature. There are 42 old trees of 10 plant species with trunk diameter over 50 cm. The analysis of the garden's dendroflora shows its value as an object for natural reserve fund of Ukraine.

Key words: analysis, dendroflora, landscape, design, linden park, Nemishayev, Kyiv region.

АНАЛИЗ ДЕНДРОФЛОРЫ В ЛАНДШАФТНОМ ДИЗАЙНЕ СТАРИННОГО ПАРКА ПОСЕЛКА НЕМИШАЕВО

Н. П. Кузьмінець, Ю. І. Дубовенко, В. В. Патока, О. Н. Кузьмінець

Аннотация. Сделан комплексный дендрологический анализ липового парка в посёлке Немешаево. Дендрофлора парка включает 36 видов и 5 декоративных форм растений из 22 родов, 13 семейств. Ведущие семейства Rosaceae (6 видов), Tiliaceae (2), Aceraceae, Caprifoliaceae, Pinaceae (по 4 вида). Ведущие рода *Tilia* (5 видов), *Acer* та *Ulmus* (по 4 вида). Количественно преобладают *Celtis occidentalis* L. (14,7%), *Philadelphus pubescens* Loisel. (14,1%), 13 видов представлены 1 растением. В парке есть *ex situ* 5 экземпляров 3 видов, подлежащие

УДК 662.71.74

ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ЛІНІЇ ВИРОБНИЦТВА ПАЛИВНИХ ГРАНУЛ ІЗ ВІДХОДІВ ДЕРЕВООБРОБКИ І МЕБЛЕВОГО ВИРОБНИЦТВА НА ПП "МАЛИНСЬКА МЕБЛЕВА ФАБРИКА"

В. М. Поліщук¹, В. О. Науменко², О. В. Науменко²

¹Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна.

²Приватне підприємство «Малинська меблева фабрика», Україна.

Кореспонденція авторів: polischuk.v.m@gmail.com.

Історія статті: отримано – березень 2018, акцентовано – травень 2018.

Бібл. 13, рис. 8, табл. 0.

Анотація. Щомісяця на ПП "Малинська меблева фабрика" переробляється 750 т деревної сировини, після переробки якої отримується 592 т відходів. Донедавна лише 274 т можна було використати для переробки в паливні гранули, а 318 т внаслідок високої вологості, наявності золоутворюючих домішок, домішок клею, були для цього непридатні. За рахунок впровадження нової технологічної лінії виробництва паливних гранул із відходів деревообробки і меблевого виробництва, яка складається із цеху подрібнення, сушильної установки, накопичувальних та проміжного бункерів, дробарки кінцевого дроблення, грануляторів, просіювача, охолоджувача та затарювальної машини, вдалось звільнити деревну сировину від кори та використовувати сирі деревні відходи. Внаслідок цього кількість відходів, придатних для виробництва паливних гранул, збільшилась до 525 т/міс. В лінії виробництва паливних гранул використовуються чотири здвоєні гранулятори власної конструкції продуктивністю по 500 кг/год. з кільцевою матрицею розрахунковим діаметром 152 мм і одним роликком діаметром 88 мм. Розрахункова робоча частота обертання матриці становить 315 об/хв. Для привода гранулятора застосований мотор-редуктор МР1-315 з електродвигуном потужністю 30 кВт.

Ключові слова: меблева фабрика, паливні гранули, матриця, деревні відходи, відходи меблевого виробництва.

Постановка проблеми

Приватне підприємство «Малинська меблева фабрика» – це підприємство, яке оснащено сучасним обладнанням та виготовляє широкий асортимент продукції. Особливим попитом користуються пиляні лісоматеріали, клеєний брус та меблевий щит, корпусні, м'які меблі та меблі на замовлення, стільці та столи, погонажні вироби та шпоновані міжкімнатні двері. Технологічний процес заготівлі і переробки деревини пов'язаний з отриманням великої кількості відходів. Заготівля, вивезення та переробка деревини – технологічні процеси, що супроводжуються втратою частини деревини, яка не використовується в подальшо-

му виробництві. Загальний обсяг відходів часто перевищує кількість отриманої готової продукції. Так, при заготівлі і вивезенні деревини з лісу близько 20% деревної сировини становлять відходи у вигляді гілок, пнів, коренів, а із вивезеної – близько 20% становить неділова деревина. У лісопилному виробництві кількість відходів складає 35-42%, у меблевих виробництвах – доходить до 70% від отриманих пиломатеріалів.

Аналіз останніх досліджень

В роботі [1] наведені розрахунки сировинної бази для виробництва паливних гранул із відходів деревообробки і меблевого виробництва ПП "Малинська меблева фабрика". Встановлено, що щомісяця на фабриці переробляється 750 т деревної сировини, після переробки якої отримується 592 т відходів, із яких 274 т можуть бути використані для переробки в паливні гранули, а 318 т внаслідок високої вологості, наявності золоутворюючих домішок, домішок клею, непридатні для цього. Розрахункова продуктивність гранулятора становить 964 кг/год. Для виготовлення деревинних паливних гранул використовується італійська лінія продуктивністю 1000 кг/год. Однак, наявної сировини, придатної для виробництва паливних гранул, підприємство отримує більше, ніж можна переробити при роботі існуючої лінії гранулювання. Тому керівництвом фабрики було прийняте рішення організувати додаткову дільницю із виробництва деревних паливних гранул, підібрати потрібне обладнання і змонтувати виробничу лінію із необхідною продуктивністю і можливістю її вдосконалення у майбутньому, підібрати і встановити сушильне обладнання для тирси та тріски, верстат для корування круглих лісоматеріалів, що дасть можливість використовувати горбиль без вмісту кори для виготовлення паливних гранул.

Мета досліджень

Тому метою наших досліджень є встановлення сировинної бази для виробництва паливних гранул із відходів деревообробки і меблевого виробництва на

удосконаленій лінії виробництва паливних гранул ПП "Малинська меблева фабрика", визначення продуктивності гранулятора та встановлення конструктивно-технологічних параметрів матриці гранулятора.

Результати досліджень

В цьому випадку масовий розрахунок виходу відходів дещо зміниться. Кількість кори становить 10% від об'єму деревини [2, с. 29], яка становить 2310 складометрів. Отже, вихід кори після корування круглих лісоматеріалів становить:

$$2310 \cdot 0,1 = 231 \text{ м}^3/\text{міс.}$$

При середній насипній вазі деревної кори 320 кг/м³ [3, с. 19] її маса становить $231 \cdot 320 = 73920$ кг/міс., або приблизно 74 т/міс.

Кору не бажано використовувати для виробництва паливних гранул через високу зольність. Вона буде використана для отримання теплової енергії шляхом спалювання в котлі.

Вихід окорених круглих лісоматеріалів становить:

$$2310 - 231 = 2079 \text{ м}^3/\text{міс.}$$

В результаті первинної переробки окорених стовбурів деревини отримується 66% основної продукції (дошок), а також відходи: 25% горбиля і 9% тирси:

- дошки: $2079 \cdot 0,66 = 1372 \text{ м}^3/\text{міс.};$
- горбель: $2079 \cdot 0,25 = 520 \text{ м}^3/\text{міс.};$
- тирса: $2079 \cdot 0,09 = 187 \text{ м}^3/\text{міс.}$

Насипна вага горбиля становить 650 кг/м³ [3, с. 12], тирси вологістю 33-38% – 170 кг/м³ [4, с. 61].

Отже, в процесі розпилювання окорених стовбурів деревини на дошки утворюється:

- горбиля – $520 \cdot 650 = 338000$ кг/міс., або 338,0 т/міс.;
- тирса – $187 \cdot 170 = 31790$ кг/міс., або 31,79 т/міс.

Після висушування тирсу і горбель можна використовувати як сировину для виробництва паливних гранул.

При виробництві чорнових мебельних заготовок (ЧМЗ) із дошок вологістю 8-10% вихід відходів становить: шматкові відходи – 30%, стружка – 17%, тирса – 6,5% [5, с. 24]: $30 + 17 + 6,5 = 53,5\%$, із яких:

- шматкових відходів: $1372 \cdot 0,3 = 412 \text{ м}^3/\text{міс.};$
- стружки: $1372 \cdot 0,17 = 233 \text{ м}^3/\text{міс.};$

– тирси: $1372 \cdot 0,065 = 89 \text{ м}^3/\text{міс.}$

При цьому через забруднення клеєм не можуть бути використані для виробництва паливних гранул і використовуються для отримання теплової енергії шляхом спалювання у котлі $1372 \cdot 0,2 = 274 \text{ м}^3/\text{міс.}$, із яких:

- шматкові відходи: $274 \cdot 0,8 = 219 \text{ м}^3/\text{міс.};$
- стружка: $274 \cdot 0,2 = 55 \text{ м}^3/\text{міс.}$

Решта відходів ЧМЗ, причому без додаткового висушування, придатна для виробництва паливних гранул: шматкові відходи – $412 - 219 = 193 \text{ м}^3/\text{міс.}$, стружка – $233 - 55 = 178 \text{ м}^3/\text{міс.}$, тирса – $89 \text{ м}^3/\text{міс.}$

Насипна маса шматкових деревних відходів (брусків) становить 600 кг/м³, [3, с. 10], стружки вологістю 7% – 105 кг/м³, тирси вологістю 7% – 100 кг/м³ [4, с. 61].

Отже, кількість відходів ЧМЗ, придатних для виробництва паливних гранул в ПП "Малинська меблева фабрика" після удосконалення лінії гранулювання буде становити:

- шматкові відходи: $193 \cdot 660 = 127380$ кг/міс., або 127,38 т/міс.;
- стружка: $178 \cdot 105 = 18690$ кг/міс., або 18,69 т/міс.;
- тирса: $89 \cdot 100 = 8900 \text{ м}^3/\text{міс.}$, або 8,9 т/міс.

Тобто після встановлення обладнання для окорювання та додаткової сушарки придатними для отримання паливних гранул будуть $338,0 + 31,79 + 127,38 + 18,69 + 8,9 \approx 525$ т/міс. деревних відходів. Решта відходів (кора, а також шматкові відходи і стружка) в кількості $74 + 219 + 55 = 348$ т/міс. буде використовуватись як паливо для котельні.

При двозмінному графіку роботи дільниці, враховуючи, що робочий час однієї зміни становить 8 год. (із них близько 0,5 год. може витратиться на підготовчо-заклучні роботи та щоденне технічне обслуговування лінії гранулювання, тобто чистий час роботи гранулятора становитиме $8 - 0,5 = 7,5$ год.), при 22 робочих днях протягом місяця (в середньому), розрахункова продуктивність гранулятора для переробки щомісяця 525 т деревних відходів буде становити:

$$\frac{525}{22 \cdot 2 \cdot 7,5} = 1,59 \text{ т/год.}$$

Технологічна схема нової лінії виробництва паливних гранул в ПП "Малинська меблева фабрика" наведена на рис. 1.

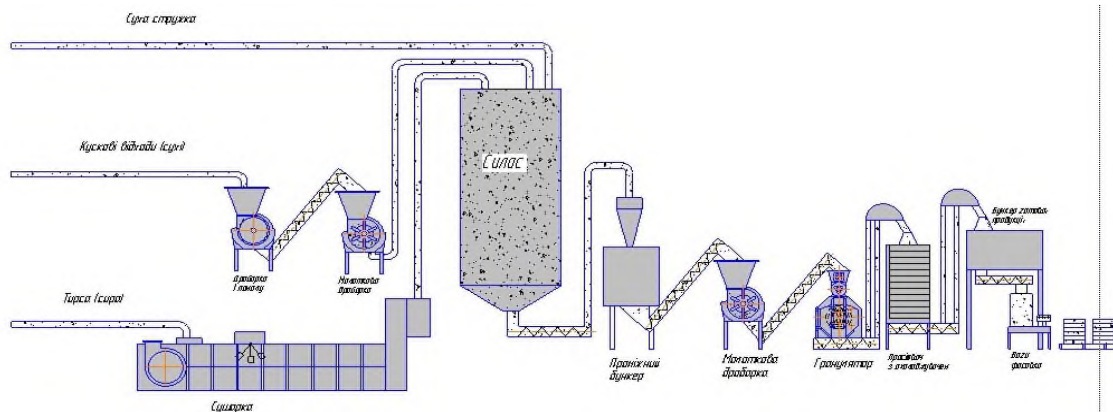


Рис. 1. Технологічна схема нової лінії виробництва паливних гранул в ПП "Малинська меблева фабрика".



Рис. 2. Лінія подрібнення сухих шматкових відходів RK 847 [6].

Вона складається із цеху подрібнення, сушильної установки, накопичувальних та проміжного бункерів, дробарки кінцевого дроблення, грануляторів, просіювача, охолоджувача та затарювальної машини.

Цех подрібнення в даний час знаходиться в стадії комплектування. До його складу будуть входити лінія подрібнення сухих шматкових відходів і лінія подрібнення сухих довгомірних відходів.

Лінія подрібнення сухих шматкових відходів RK 847 (рис. 2) складається з первинного RM 41.355 і вторинного RM 71.55 подрібнювачів, стрічкового транспортера для подачі сухих шматкових відходів до первинного подрібнювача, бункера-дозатора на 7 м³, сита SB 1025 (на рис. 2 не показано) і стрічкового транспортера довжиною 12,5 м для вивантаження подрібненої сировини.

Сухі шматкові відходи деревини спершу подаються в первинний подрібнювач RM 41.355, де подрібнюються до розміру: довжина і ширина – 10-25 мм, товщина – 3-5 мм.

Після цього тріска потрапляє в бункер-дозатор, з якого шнековою подачею завантажується необхідними дозами у вторинний подрібнювач RM 71, де і подрібнюється до остаточної мінімальної фракції розміром 0-10 мм.

Розмір подрібненої сировини регулюється за допомогою сит, які встановлені на RM 71 [6]. Первинний подрібнювач RM 41.355 дискового типу з триножовим рубальним диском діаметром 795 мм, який обертається з частотою 1000 об./хв. від електродвигуна потужністю 55 кВт. Продуктивність дробарки становить 25 м³/год. Розмір подрібнюваної деревини – до 220 мм [7].

З первинного подрібнювача RM 41.355 тріска подається на калібровочне барабанне сито SB 1025 (рис.

3), із якого матеріал з довжиною і шириною до 10-25 мм, товщиною до 3-5 мм поступає на подальше дроблення, якщо ж величина отриманої тріски перевищує вказані розміри, то вона повертається на повторне подрібнення.

Для рівномірної подачі тріски на вторинний подрібнювач лінія обладнана бункером-дозатором, звідки через завантажувальний шнек з приводом від електродвигуна потужністю 2,2 кВт матеріал подається безпосередньо до вторинного подрібнювача.



Рис. 3. Калібровочне барабанне сито SB 1025 [8].

Вторинний подрібнювач RM 71.55 молоткового типу з частотою обертання ротора, укомплектованого 20 молотками, – 1500 об./хв. Ротор приводиться в дію від електродвигуна потужністю 45 кВт [9].

Подрібнена сировина розміром до 1 мм подається в два накопичувальних бункери (рис. 4).



Рис. 4. Накопичувальні бункери сировини після попереднього дроблення.



Рис. 5. Проміжний накопичувальний бункер для сировини.

Суха стружка направляється в накопичувальні бункери напряму. Також минаючи лінії дроблення в накопичувальні бункери поступає тирса з цеху первинної обробки деревини. Однак перед цим вона висушується в сушарці стрічкового типу.

З накопичувальних бункерів сировина в автоматичному режимі шнековими транспортерами подається до проміжного бункера для сировини (рис. 5), звідки пневмотранспортером направляється в накопичувальний бункер грануляторів (рис. 6).



Рис. 6. Гранулятори з накопичувальним бункером.

В лінії виробництва паливних гранул використовуються чотири здвоєні гранулятори власної конструкції з кільцевою матрицею продуктивністю по 500 кг/год.

Розрахунок кільцевої матриці проводився на задану продуктивність по методиці, наведеній в [10, с. 68-77], [11], [12, с. 101-114], [13].

Розрахунковий радіус матриці становить 152 мм, ролика – 88 мм, ширина матриці і ролика – 88 мм, кількість філь'єр в матриці – 887 шт.

Приймається система із одним роликом. Розрахункова робоча частота обертання матриці становить $5,24 \text{ с}^{-1}$ (315 об/хв.). Розрахункова потужність привода гранулятора – 28,4 кВт. Для привода гранулятора приймаємо мотор-редуктор МР1-315 з електродвигуном потужністю 30 кВт.

З грануляторів вироблені паливні гранули (рис. 7) стрічковим та шнековим транспортерами направляються на просіювач і охолоджувач, а звідти – на лінію затарювання (рис. 8).



Рис. 7. Паливні гранули з гранулятора з гранулятора на стрічці транспортера



Рис. 8. Затарювальна машина.

Висновки

1. Сушильне обладнання для тирси та тріски, верстат для корування круглих лісоматеріалів майже в 2 рази розширюють сировинну базу виробництва паливних гранул.

2. Технологічна лінія виробництва паливних гранул в ПП "Малинська меблева фабрика" складається із цеху подрібнення, сушильної установки, накопичувальних та проміжного бункерів, дробарки кінцевого дроблення, грануляторів, просіювача, охолоджувача та затарювальної машини.

3. В лінії виробництва паливних гранул використовуються чотири здвоєні гранулятори власної конструкції з кільцевою матрицею продуктивністю по 500 кг/год. Розрахунковий радіус матриці становить 152 мм, ролика – 88 мм, ширина матриці і ролика – 88 мм, кількість філь'єр в матриці – 887 шт. Приймається система із одним роликом. Розрахункова робоча частота обертання матриці становить 315 об/хв., потужність привода гранулятора – 28,4 кВт. Для привода гранулятора прийнятий мотор-редуктор МР1-315 з електродвигуном потужністю 30 кВт.

Список літератури

1. Polishchuk V., Naumenko V, Naumenko O. Justification of capacity of the pellets granulation line at private enterprise "Malyn furniture factory". *Teka commission of motorization and power industry in agriculture*. 2018. Vol. 18, № 1. P. 7–16.

2. Головкин С. И., Коперин И. Ф., Найденов Б. Ф. Энергетическое использование древесных отходов. М.: Лесн. пром-сть, 1987. 224 с.

3. Найденов Б. Ф. Объемные веса и удельные объемы грузов: справочник. Москва. Транспорт, 1971. 160 с.

4. Підготовка та впровадження проектів заміщення природного газу біомасою при виробництві теплової енергії в Україні. За ред. Г. Гелетухи. Київ. Поліграф плюс, 2015. 72 с.

5. Сборник методик по расчету объемов образования отходов. Санкт-Петербург. ЦОЭК, 2004. 77 с.

6. Комплекс РК 847. Матеріали із сайту АРІЄС УКРАЇНА. URL: <http://arjes.com.ua/production/kompleks-rk-847.html> (дата доступу: 18.06.2018).

7. Рубальна машина RM 41. Матеріали із сайту АРІЄС УКРАЇНА [Електронний ресурс]. URL: <http://arjes.com.ua/production/rubalna-mashyna-rm-41.html> (дата доступу: 18.06.2018).

8. Сито барабанне для просіювання щепи, калібрування різних фракцій. Матеріали із сайту all.biz [Електронний ресурс]. URL: <https://ua.all.biz/sito-barabanne-dlya-prosyuvannya-shchepi-g15731079> (дата доступу: 18.06.2018).

9. Молотковий подрібнювач RM 71. Матеріали із сайту АРІЄС УКРАЇНА [Електронний ресурс]. URL: <http://arjes.com.ua/production/molotkovyj-podribnjuvach-rm-71.html> (дата доступу: 18.06.2018).

10. Дубровін В. О., Полищук В. М., Тарасенко С. С., Драгнев С. В. Практикум з машин та обладнання для біоенергетики. Київ. АграрМедіаГруп, 2013. 208 с.

11. *Поліщук В. М., Дубровін В. О., Драгнев С. В.* Інженерія систем природокористування. Ч. 2. Конструктивно-технологічний розрахунок гранулятора з круглою матрицею для виробництва гранульованого біопалива. Київ. АграрМедіаГруп, 2013. 48 с.

12. *Поліщук В. М., Тарасенко С. Є.* Біопалива. Виробництво і використання. Київ. ЦП "КОМПРИНТ". 2017. 376 с.

13. *Поліщук В. М., Тарасенко С. Є.* Машина та обладнання біоенергетики. Ч. 2. Конструктивно-технологічний розрахунок гранулятора з круглою матрицею в лінії виробництва паливних гранул. Київ. НУБіП України, 2016. 34 с.

References

1. *Polishchuk, V., Naumenko, V., Naumenko, O.* (2018). Justification of capacity of the pellets granulation line at private enterprise "Malyn furniture factory". *Teka commission of motorization and power industry in agriculture*. 18(1). 7-16.

2. *Golovkov, S. I., Koperin, I. F., Naydenov, B. F.* (1987). *Energeticheskoe ispolzovanie drevesnyh othodov* [Energy use of wood waste]. Moscow: Forest Industry, 224.

3. *Naydenov, B.F.* (1971). *Volumetric weights and specific volumes of goods: reference book*. Moscow: Transport. 160.

4. *Geletukha, G.* (2015). Preparation and implementation of natural gas biomass substitution projects for the production of heat energy in Ukraine. Kyiv: Polygraph Plus. 72.

5. Collection of methods for calculating waste generation volumes. St. Petersburg: CECEC. 77.

6. *Complex RK 847. ARIESUS UKRAINE*. Available at: <http://arjes.com.ua/production/kompleks-rk-847.html>.

7. *RM 41 chipper.. ARIESUS UKRAINE*. Available at: <http://arjes.com.ua/production/rubalna-mashyna-rm-41.html>.

8. *Sieve drum for sieving, calibration of different factions*. all.biz. Available at: <https://ua.all.biz/sitobarabanne-dlya-prosyuvannya-shchepi-g15731079>.

9. *Hammer crushers RM 71. ARIESUS UKRAINE*. Available at: <http://arjes.com.ua/production/molotkovyj-podribnjuvach-rm-71.html>.

10. *Dubrovin, V. O., Polishchuk, V. M., Tarasenko, S. E., Dragnev, S. V.* (2013). Workshop on machinery and equipment for bioenergy. Kyiv. Agrar Media Group. 208.

11. *Polishchuk, V. M., Dubrovin, V. O., Dragnev, S. V.* (2013). Engineering systems of nature management. Part 2. Structural and technological calculation of granulator with a round matrix for the production of granulated biofuels: methodical instructions for the implementation of laboratory works. 48.

12. *Polishchuk, V. M., Tarasenko, S. E.* (2017). *Biofuels. Production and use*. 376.

13. *Polishchuk, V. M., Tarasenko, S. E.* (2016). *Machines and equipment of bioenergy. Part 2. Structural and technological calculation of granulator with a round matrix in the line of production of fuel pellets: methodical instructions for the implementation of laboratory works*. 34.

ВНЕДРЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИНИИ ПРОИЗВОДСТВА ТОПЛИВНЫХ ГРАНУЛ ИЗ ОТХОДОВ ДЕРЕВООБРАБОТКИ И МЕБЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ЧП "МАЛИНСКАЯ МЕБЕЛЬНАЯ ФАБРИКА"

В. Н. Поліщук, В. А. Науменко, А. В. Науменко

Аннотация. Ежемесячно на ЧП "Малинская мебельная фабрика" перерабатывается 750 т древесного сырья, после переработки которого остается 592 т отходов. До недавнего времени лишь 274 т можно было использовать для переработки в топливные гранулы, а 318 т вследствие высокой влажности, наличия золотобразующих примесей, добавок клея, были для этого непригодны. За счет внедрения новой технологической линии производства топливных гранул из отходов деревообработки и мебельного производства, которая состоит из цеха измельчения, сушильной установки, накопительных и промежуточного бункеров, дробилки конечного дробления, грануляторов, просивателя, охладителя и затаривательной машины, удалось освободить древесное сырье от коры и использовать сырые древесные отходы. В результате количество отходов, пригодных для производства топливных гранул, увеличилось до 525 т/мес. В линии производства топливных гранул используются четыре сдвоенные гранулятора собственной конструкции производительностью по 500 кг/час. с кольцевой матрицей расчетным диаметром 152 мм и одним роликом диаметром 88 мм. Расчетная рабочая частота вращения матрицы составляет 315 об./мин. Для привода гранулятора применен мотор-редуктор МР1-315 с электродвигателем мощностью 30 кВт.

Ключевые слова: мебельная фабрика, топливные гранулы, матрица, древесные отходы, отходы мебельного производства.

IMPLEMENTATION OF TECHNOLOGICAL PRODUCTION LINES FUEL GRANULES FROM WASTEWATER WOODWORKING AND FURNITURE MANUFACTURE ON PRIVATE ENTERPRISE "MALINSKA FURNITURE FACTORY"

Polishchuk V. M., Naumenko V. O., Naumenko O. V.

Abstract. Monthly on the state of emergency "Malinska furniture factory" 750 tons of wood raw materials are processed, after processing of which remains 592 tons of waste. Until recently, only 274 tons could be used for processing into fuel pellets, and 318 tons due to high humidity, the presence of ash-forming impurities, additives of glue, were unsuitable for this. Due to the introduction of a new production line for the production of fuel pellets from wood processing waste and furniture production, which consists of a grinding shop, a drying plant, storage and intermediate bunkers, a final crusher, granulators, sifter, cooler and casing machine, raw materials from the bark and use raw wood waste. As a result, the amount of waste suitable for the production of fuel pellets increased to 525 tons/month. In the production line of fuel pellets, four self-made twin granulators with a capacity of 500 kg/hr are used with an annular matrix with a design diameter of 152 mm and one roller with a diameter of 88 mm. The rated working frequency of rotation of the matrix is 315 rpm. For the drive of the granulator, a motor-reducer МР1-315 with an electric motor of 30 kW is used.

Key words: furniture factory, fuel granules, matrix, wood waste, furniture manufacturing waste.

UDC 631.354

EXPERIMENTAL STUDIES METHOD OF CONTROLLED GRAVITATIONAL LEAKAGE OF GRAIN MATERIALS FROM PHYSICAL MODEL OF DUMP HOPPER

Shymko L. S.

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Ukraine.

Corresponding author: shymkolyuba@ukr.net.

Article history: Received: March 2018. Received in the revised form: April 2018. Accepted: May 2018. Bibl. 17, fig. 2, tabl. 1.

Abstract. In the article, for the purpose substantiate the parameters and operating modes of the harvester's unloading devices, the method of experimental studies of controlled gravitational leakage from the dump hopper and its physical model is proposed. The peculiarity of the program for the study of free-flowing material's leakage involves three stages, which include a joint common goal, individual experiments, the execution of which ensures the verification and, if necessary, the correction of the theoretical provisions, considerations and conclusions on improving the efficiency of the production process of harvesting grain crops. The research consisted of: the original experiment (the establishment of mechanical and technological properties of the working grain material of the main crops); modelling (construction and verification of the dump hopper's physical model); the main experiment (studying the movement of grain from the dump hopper).

Key words: grain harvester, tipper bunker, technique, experimental study, gravitational turn, grain materials, method.

Introduction

The development of structures and justification of the parameters and operating modes of the unloading devices is an important part in solving the general problem - increasing the efficiency of the production process of harvesting grain.

Formulation of Problem

The identified scientific problem is an important part of the implementation of the scientific program of the mechanization of production processes in crop production and is executed in accordance with the topics of scientific research: «Optimization of the modes of movement of Hoisting-and-transport machines and mechanisms used in the mechanization of production processes in livestock and crop production» state registration 0105U007502 and the state budget theme «Development of the concept dynamic optimization of transportation vehicles» state registration 0115U003551. The decision of this important scientific and practical task was attended by the scientists

of the National Scientific Centre "Institute of Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine" (Nedovesov V.I.), the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine (Loveykin V.S., Chovnyuk Yu.V., Matuhno N.V., Shymko L.S.). Within the framework of the study, one patent for the invention and three patents for the utility model of Ukraine were obtained [1-4].

The experimental confirmation of research on the physical and mechanical properties of the working (bulk) material, as well as the structural, kinematic and dynamic characteristics of rapid gravitational currents, makes it possible to substantiate the technological and structural parameters of the tipping-off unloading devices, which significantly affect the quantitative and qualitative parameters of the unloading process.

Analysis of Recent Research Results

Most of the scientific works on flows in a loose environment are devoted to studies of internal leakage in bunkers and funnels. Takahasi [5] researched the gravitational leakage of dry sand of different structures in straight trays of a rectangular cross-section at different angles of slope trays. The scientist highlighted two types of leakage of a friable body: the first is that the upper thin layer of particles flows over their stationary layer that covers the bottom of the tray, and the second - in that all particles of the flesh body are moving, moreover, each of the particles chaotically deviates by chance trajectory and interacts significantly with neighboring ones.

Roberts [6, 7] studied the leakage of millet seeds in Plexiglas trays with a rectangular cross-section. Applying in his studies of high-speed cinematic, the scientist determined the velocities profiles at various points along the flow and revealed a small velocity gradient along the depth of the stream.

Ishida M., Shirai T. [8] were measured the velocity profiles using fiber optic probes located on the central trench line, and not on the side walls, as in Sevidzhi experiments [9].

Thus, the analysis of the above-mentioned studies and experimental results obtained by scientists shows that in the shear flow of granular material there can exist three main mechanisms of the emergence of stress: a) dry

friction; b) impulse transfer due to the transfer of particles from one layer to another; c) impulse transfer due to collisions between particles [10].

Dolgunin V.M. and Borshchov V.Ya. [11, 12] are used to check the adequacy of the experimental-analytical method by the X-ray method of determining the profile of a distinctness in the gravitational flow of grains. The method proposed by these scientists is based on the use of penetrating X-ray irradiation and fixing it on an X-ray film.

Unfortunately, in Ukraine, experimental studies concerning the processes with bulk materials are not so numerous and there are no studies related to the study of the laws of the gravitational leakage of grain and vegetable material from the dump hopper of combine harvesters.

The problem is rampant that grain material is damaged by screw working organs thoroughly studied and experimentally investigated in the works [13-15]. However, due to the existing imperfection of the process, along with the widespread distribution and use of various unloading systems of harvesters and a significant number of variants of their constructions, scientific the problem of justification of the parameters and modes of unloading devices requires further study and development.

Purpose of Research

The purpose of the article is to develop a method for experimental study of the controlled gravitational leakage of grain materials from the physical model of the dump bunker.

Results of Research

In previous theoretical studies, a granular material model was developed that was adequate to the properties of agricultural grain materials [17]. Proceeding from this,

the program and the experimental research methodology were based on the scheme presented in Fig. 1.

The purpose of these experiments is to determine the characteristics of the gravitational leakage of various grain materials, depending on the value of the dump bunker's turning angle.

In connection with this, in accordance with the analytical model of the free-flowing grains materials unloading process from the dump bunker, described in [17], it was important to determine and experimentally verify the unloading volumes of the experimental grain material at certain fixed values of the bunker's rotation angles.

The following equipment and materials were used: the physical model of the dump hopper (Fig. 2), the laboratory electronic weights AD 3000 (technical characteristic: the price of the division - 0,01 g; the price of the authorized divisions - 0,1 g; the limits of weighing: the largest: 3000 g, the smallest: 0,5 g; the weight bucket is 150 mm; the weighing time is less than 5 seconds; the operating temperature range is from 18 to 33 ° C.); Variable capacities for weighing of grain material; investigated grain material of the main crops.

When the rash is stopped, the container with grain material should be replaced with empty.

Next, weigh the dropped grain and record in the magazine the number of screw's full revolutions and the measured weight of the investigated grain material.

In the event that the complete wrapping of the handwheel did not cause leakage of grain material from the dump hopper, carry out the next rotation before the start of the spillage.

If the spill has occurred – repeat the weighing procedure described above.

The research with the next experimental grain material continued until the empty emptying of the experimental dump hopper.

With the same grain material, the experiment was conducted with fivefold repeatability.

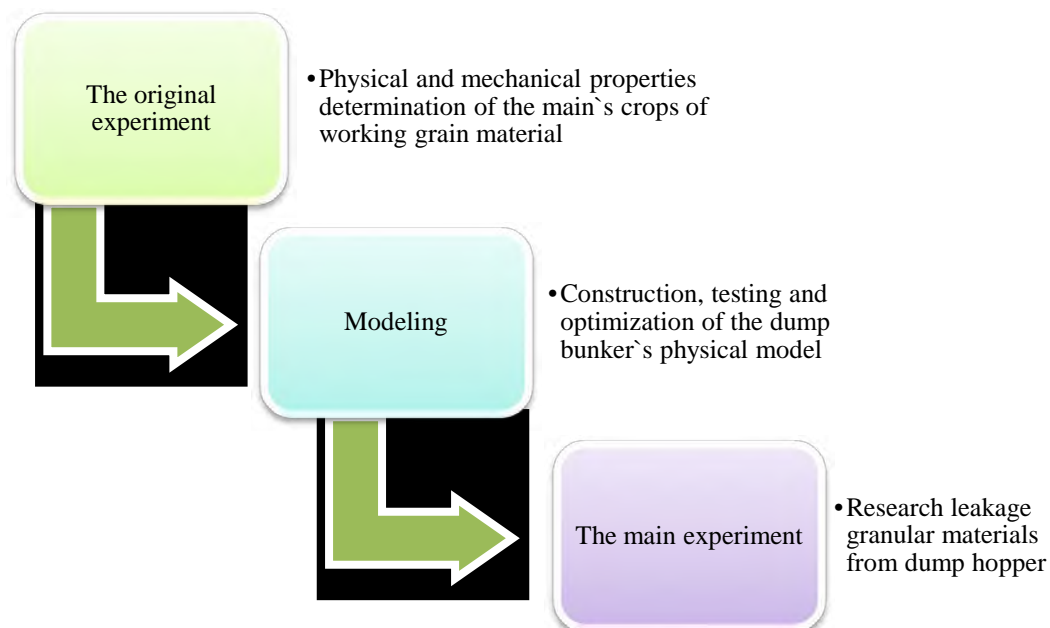
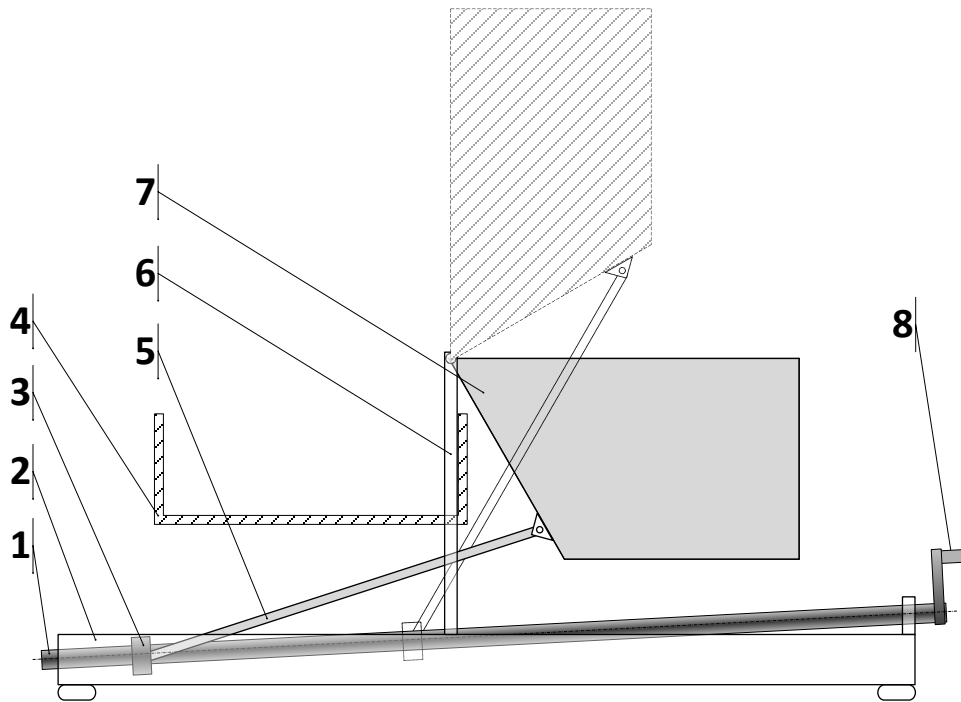


Fig. 1. The scheme of experimental research of a tipper unloading device's operational characteristics and modes.



1 – a screw; 2 – a foundation; 3 – a nut; 4 – a container;
5 – a lever; 6 – a hinged rack; 7 – a dump hopper; 8 – flywheel.

Fig. 2. The installation's scheme for experimental studies of controlled gravitational leakage of grain materials from the dump bunker's physical model.

Table 1. The documenting form of the data for controlled gravitational leakage of grain from the dump bunker's physical model.

Grain material	Repeat experiment	The flywheel's revolutions number of the screw mechanism – n_i	The weight of the grained material that has fallen – P_i
----------------	-------------------	------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------

Based on the speed of the lifting screw according to the method described in detail in the previous section of this work, the rotation angle of the dump bunker's physical model was calculated by the formula:

$$\alpha_i = n_i \cdot \frac{90^\circ}{128}, \quad (1)$$

where α_i – is i -th tilt angle of the dump bunker; n_i – is the flywheel's revolutions number at the beginning of the displacement in the variable capacity of the i -th grain material.

The obtained experimental data were entered in the journal in the form of Tabl. 1.

After each repetition of the experiment, we checked the weighted total volume of the studied grain material, carried out at the beginning of the repetition, with the sum of the results obtained in the course of the experiment in different positions of the hopper. The experimental data were taken up to further analysis and included the repetition of the experiment, if the difference between the sum of the weights in the process of measurement and the total weight of the material did not exceed $\pm 0,5\%$ of the latter. The systematized trial data was processed and tested according to the standard method of statistical randomization and independent testing of the results using the Microsoft Excel 2016 Analysis Package. The mean square deviation and coefficient of variation were also determined.

Conclusions

1. It is evident that the mechanized technological process of grain-vegetable material's leakage from bunkers-storage vehicles into transport vehicles depends on the parameters under study and the operating modes of the unloading devices of grain-harvesting machines and combines.

2. In turn, the scientific justification of which is impossible without a detailed study of the technological processes and operations peculiarities that associated with the accumulation and overload of grain and vegetable material from the dump bunker [16, 17].

3. In connection with this, the necessary program and experimental research methodology has been developed, which involves three stages, which include a joint common goal, separate researches. The implementation of which provides for verification and if necessary the correction of theoretical provisions, considerations and conclusions on the increase the efficiency of the production process of harvesting at the expense of reasonable parameters and operating modes of the harvester's unloading devices.

References

1. *Nedovyesov, V. I., Loveikin, V. S., Bondar, N. A., Shimko, L. S.* (2009). Patent 87400 Ukraine, IPC A01D 41/00. Combine harvester, the applicant and owner of the national scientific center "Institute of mechanization and electrification of agriculture" UAAS. № a 2008 00 537, Appl. 15.01.2008, publ. 25.04.2008, bull. No. 8.
2. *Nedovyesov, V. I., Loveikin, V. S., Bondar, N. A., Shimko, L. S.* (2009). 44046 Patent, Ukraine, IPC A01F 12/60. The hopper combine harvester, the applicant and owner of NULESU. - № u 2009 05 304, Appl. 27.05.2009, publ. 10.09.2009, bull. No. 17.
3. *Nedovyesov, V. I., Loveikin, V. S., Bondar, N. A., Shimko, L. S.* (2009). 49301 Patent, Ukraine, IPC 01D 41/00. Combine harvester, the applicant and the owner of NULESU. - № u 2009 11 175, Appl. 04.11.2009, publ. 26.04.2010, bull. No. 8.
4. *Nedovyesov, V. I., Loveikin, V. S., Bondar, N. A., Shimko, L. S.* (2009). 51244 Patent, Ukraine, IPC A01F 12/60. The hopper combine harvester, the applicant and owner of NULESU. - № u 2009 13874, Appl. 29.12.2009, publ. 12.07.2010, bull. No. 13.
5. *Takahasi, K.* (1937). The Gravity flow in nature. *Geophys. Mag.* Vol. 11. 165-175.
6. *Roberts, A.* (1969). Study the expiry is a bulk granular material through the discharge chute under its own weight. *Proceedings of the American society of mechanical engineers. Design and manufacturing engineering.* Vol. 9, Series V. No. 2. 87-96.
7. *Roberts, A. W.* (1960). *Trans. ASME, J. Engng. Ind.*, 91. 373-381.
8. *Ishida, M., Shirai, T.* (1979). Velocity Distributions in the Flow of Particles in an Inclined Open Channel. *J. Chem. Eng. Jpn.* Vol. 12. 45-50.
9. *Savage, S. B., Sayed, M.* (1980). Experiments on dry cohesion less materials in annular cell at high stain rates.-Presented at EUROMECH 133-Statics and Dynamics of Granular Materials, Oxford University.
10. *Savage, S. B.* (1987). Interparticle percolation and segregation in granular materials: A review. In A. P. S. Selvaduraj (ed) *Development in Engineering Mechanisms*, Elsevier Science Publishers B. V., Amsterdam. 347-363.
11. *Dolgunin, V. N.* (2005). Rapid gravity flow of granular materials: technique of measurement, the patterns used in technological applications. *Moscow. Mechanical engineering*, 112.
12. *Borschev, V. J.* (2002). Computer processing of radiographs in the study of the dynamics of rapid gravity flows of granular media. *Mathematical methods in technics and technology: collected papers.* Tambov, Vol. 7. 34-37.
13. *Kulikovskiy, V. L., Paliychuk, V. K., Borovsky, V. M.* (2017). Injury of the grain material of screw working bodies of screw feeders. Design, production and operation of agricultural machinery. *Kropivnicki. CSTS.* Vol. 47, C. I. 124-131.
14. *Derevyanko, D. A.* (2014). Injury and seed quality at different stages of technological processes. *Engineering nature.* No. 1(1). 114-123.
15. *Kirpa, N. J.* (2013). Injury of seeds: causes and consequences. *Storage and processing of grain.* Vol. 2 (167). 29-31.
16. *Loveikin, V. S., Shimko, L. S.* (2011). Experimental study of the process of discharging grain materials from a dump hopper of the combine. *Scientific reports Nulesu.* Kiev. Vol. 6(28): http://nd.nubip.edu.ua/2011_6/titul.html.
17. *Loveikin, V. S., Shimko, L. S.* (2015). Optimization of operation modes of dump eventaully devices. *Kiev.* 292.

Список літератури

1. *Недовесов В. І., Ловейкін В. С., Бондар М. А., Шимко Л. С.* Патент 87400 Україна, МПК (2009) А01Д 41/00. Зернозбиральний комбайн; заявник та власник Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства» УААН. - № а 2008 00 537; заявл. 15.01.2008; опубл. 25.04.2008, бюл. № 8.
2. *Недовесов В. І., Ловейкін В. С., Матухно Н. В., Шимко Л. С.* Патент 44046 Україна, МПК (2009) А01Ф 12/60. Бункер зернозбирального комбайна; заявник та власник НУБІП України. - № u 2009 05 304; заявл. 27.05.2009; опубл. 10.09.2009, бюл. № 17.
3. *Недовесов В. І., Ловейкін В. С., Матухно Н. В., Шимко Л. С.* Патент 49301 Україна, МПК (2009) А01Д 41/00. Зернозбиральний комбайн; заявник та власник НУБІП України. - № u 2009 11 175; заявл. 04.11.2009; опубл. 26.04.2010, бюл. № 8.
4. *Недовесов В. І., Ловейкін В. С., Матухно Н. В., Шимко Л. С.* Патент 51244 Україна, МПК (2009) А01Ф 12/60. Бункер зернозбирального комбайна; заявник та власник НУБІП України. - № u 2009 13874; заявл. 29.12.2009; опубл. 12.07.2010, бюл. № 13.
5. *Takahasi K.* The Gravity flow in nature. *Geophys. Mag.* 1937. Vol. 11. P. 165–175.
6. *Робертс А.* Исследование истечения идеально сыпучего зернистого материала через разгрузочные желоба под действием собственного веса. *Труды американского общества инженеров-механиков. Конструирование и технология машиностроения.* 1969. Т. 9, Серия В. №2. С. 87–96.
7. *Roberts A. W.* *Trans. ASME, J. Engng. Ind.*, 1960, 91. P. 373–381.
8. *Ishida M., Shirai T.* Velocity Distributions in the Flow of Particles in an Inclined Open Channel. *J. Chem. Eng. Jpn.* 1979. Vol. 12. P. 45–50.
9. *Savage S. B., Sayed M.* Experiments on dry cohesion less materials in annular cell at high stain rates.-Presented at EUROMECH 133-Statics and Dynamics of Granular Materials, 1980.-Oxford University.
10. *Savage S. B.* Interparticle percolation and segregation in granular materials: A review. In A.P.S. Selvaduraj (ed) *Development in Engineering Mechanisms*, Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam, 1987. P. 347–363.
11. *Долгуни В. Н.* Быстрые гравитационные течения зернистых материалов: техника измерения, закономерности, технологическое применение. *Москва. Машиностроение*, 2005. 112 с.

12. *Борщев В. Я.* Компьютерная обработка рентгенограмм при исследовании динамики быстрых гравитационных течений зернистых сред. Математические методы в технике и технологиях: Сборник трудов. Тамбов, 2002. Т. 7. С. 34–37.

13. *Куликівський В. Л., Палійчук В. К., Боровський В. М.* Травмування зернового матеріалу гвинтовими робочими органами шнекових живильників. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Кропивницький. ЦНТУ, 2017. Вип. 47, ч. I. С. 124–131.

14. *Дерев'яно Д. А.* Травмування та якість насіння на різних стадіях технологічних процесів. Інженерія природокористування. 2014. №1(1). С. 114–123.

15. *Кирпа Н. Я.* Травмирование семян: причины и следствия. Хранение и переработка зерна. 2013. Вип. №2 (167). С. 29–31.

16. *Ловейкін В. С., Шимко Л. С.* Експериментальні дослідження процесу вивантаження зернових матеріалів із самоскидного бункера комбайна. Наукові доповіді НУБіП України. Київ. Вип. 6(28): http://nd.nubip.edu.ua/2011_6/titul.html.

17. *Ловейкін В. С., Шимко Л. С.* Оптимізація режимів роботи самоскидних вивантажувальних пристроїв. Київ. 2015. 292 с.

МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ КЕРОВАНОГО ГРАВИТАЦІЙНОГО ВИТОКУ ЗЕРНОВИХ МАТЕРІАЛІВ ІЗ ФІЗИЧНОЇ МОДЕЛІ САМОСКИДНОГО БУНКЕРА

Л. С. Шимко

Анотація. У статті, з метою обґрунтування параметрів і режимів роботи вивантажувальних пристроїв збиральних машин, пропонується методика експериментальних досліджень керованого гравітаційного витоку із самоскидного накопичувального бункера збирального комбайна та його фізичної моделі. Особливість програм дослідження витоку сипких матеріалів передбачає три етапи, що включають в себе об'єднані спільною метою, окремі експерименти, виконання яких забезпечує перевірку та, при необхідності, корегування теоретичних положень, міркувань і висновків щодо підвищення ефективності виробничого процесу збирання зернових культур. Дослідження склалися із первинного експерименту – встановлення механіко-технологічних властивостей робочого зернового матеріалу основних культур; моделювання – побудова та перевірка фізичної моделі самоскидного бункера і основного експерименту – дослідження руху зерна із самоскидного бункера.

Ключові слова: зернозбиральний комбайн, бункер, самоскид, техніка, експериментальні дослідження, гравітаційне поле, зерновий матеріал, спосіб.

МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ІССЛЕДОВАНИЙ УПРАВЛЯЕМОГО ГРАВИТАЦИОННОГО ПОТОКА ЗЕРНОВЫХ МАТЕРИАЛОВ С ФИЗИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ САМОСВАЛЬНОГО БУНКЕРА

Л. С. Шимко

Аннотация. В статье, с целью обоснования параметров и режимов работы разгрузочных устройств уборочных машин и комбайнов, предлагается методика экспериментальных исследований управляемого гравитационного потока с самосвального накопительного бункера зерноуборочного комбайна и его физической модели. Особенность программы исследования выгрузки сыпучих материалов предусматривает три этапа, включающих в себя объединенные общей целью, отдельные эксперименты, выполнение которых обеспечивает проверку и, при необходимости, корректировки теоретических положений, рассуждений и выводов по повышению эффективности производственного процесса уборки зерновых культур. Исследования состояли из первичного эксперимента – установление механико-технологических свойств рабочего зернового материала основных сельскохозяйственных культур; моделирование – построение и проверка физической модели самосвального бункера и основного эксперимента – исследование движения зерна с самосвального бункера.

Ключевые слова: зерноуборочный комбайн, бункер, самосвал, техника, экспериментальное исследование, гравитационное поле, зерновой материал, способ.

УДК 621.81

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ КОЛИВАНЬ РОБОЧИХ ОРГАНІВ КУЛЬТИВАТОРА НА ПРУЖНІЙ СТІЙЦІ

О. І. Алфьоров, Р. В. Антощенков, Г. П. Юр'єва

Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка, Україна.

Кореспонденція авторів: alfogor@i.ua.

Історія статті: отримано – березень 2018, акцентовано – травень 2018.

Бібл. 5, рис. 5, табл. 1.

Анотація. В статті розглянуто лабораторне експериментальне дослідження коливань S-образної стійки з метою визначення основних параметрів процесу рихлення ґрунту. Дослідження проводилось при різних швидкостях руху агрегату, змінювалась глибина входження стійки з робочим органом в ґрунт, були використані два типи робочих органів (лап) – двостороння оборотна плоска лапа та стрільчата лапа.

Ключові слова: культивация, експериментальне дослідження, пружна стійка, ґрунтовий канал.

Постановка проблеми

Культивация – операція, яка входить у систему передпосівної обробки ґрунту з метою знищення проростаючих бур'янів та розпушування ґрунту. У сучасному сільськогосподарському машинобудуванні для кріплення лап до рами культиватора широко використовуються пружні стійки, вони забезпечують коливальний рух лап під час культивации.

Аналіз останніх досліджень

Як показують експлуатаційні спостереження, завдяки використанню робочих органів на пружній підвісці покращується якість обробки ґрунту під час культивации, знижуються енерговитрати.

Коливання робочого органу у ґрунті відбувається за рахунок різниці сил опору ґрунту в стадії спокою та під час руху [1].

Коливальний рух, який передається від стійки до робочого органу, перешкоджає залипання його ґрунтом та рослинними рештками.

Однак, під час роботи стійки навантажені значними змінними за величиною напруженнями, що призводить до накопичення втомних пошкоджень, і, як наслідок, до руйнування.

У працях [2-5] зроблена спроба обґрунтування параметрів робочих органів на пружній підвісці, яка базується на аналізі коливальних процесів.

Проте експериментальних даних щодо навантаженості пружної стійки та її деформування недостатньо.

Мета досліджень

З метою визначення та аналізу напружень та переміщень S-образної стійки в реальних умовах експлуатації було проведено експериментальне дослідження.

Результати досліджень

Експеримент відбувався в наступній послідовності. Перед початком роботи, на S-образну стійку були наклеєні тензодатчики (рис. 1). Місця кріплення датчиків були визначені заздалегідь. Для визначення віброприскорень використовувався трьохмірний акселерометр та гіроскоп.

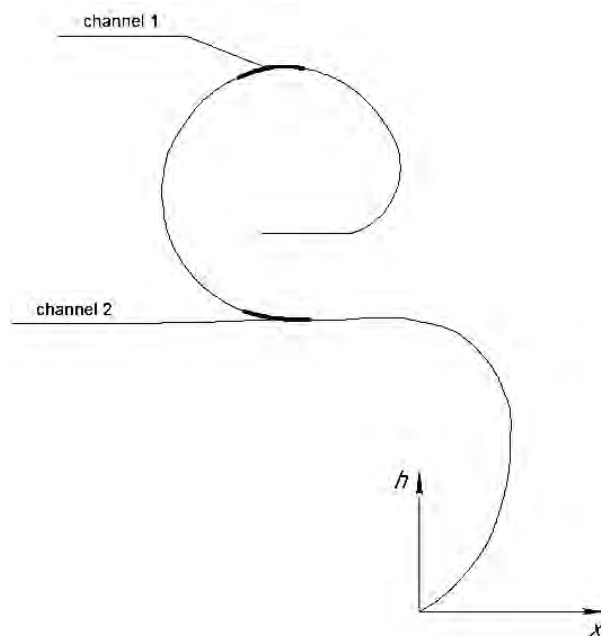


Рис. 1. Розміщення тензодатчиків на стійці.

Після цього стійка з наклеєними на неї тензодатчиками була відтарована з визначенням переміщень кінця стійки за двома напрямками x і h . Тарування проводилось у лабораторних умовах.

Таблиця 1. Результати тарування.

Навантаження, Н	Канали			Переміщення, мм	
	1	2	3	x	h
0	2680	3130	705	0	0
13,72	3095	2887	797	0	0
118,58	5570	1320	1320	25	0
210,7	7810	-150	1790	55	5
312,62	9830	-1500	2230	75	7
370,44	10620	-2080	2410	88	10
370,44	10620	-2080	2410	88	10
312,62	9600	-1400	2178	75	7
210,7	7621	-40	1760	55	5
118,58	5420	1390	1300	25	0
13,72	3090	2920	790	0	0
0	2860	3130	705	0	0

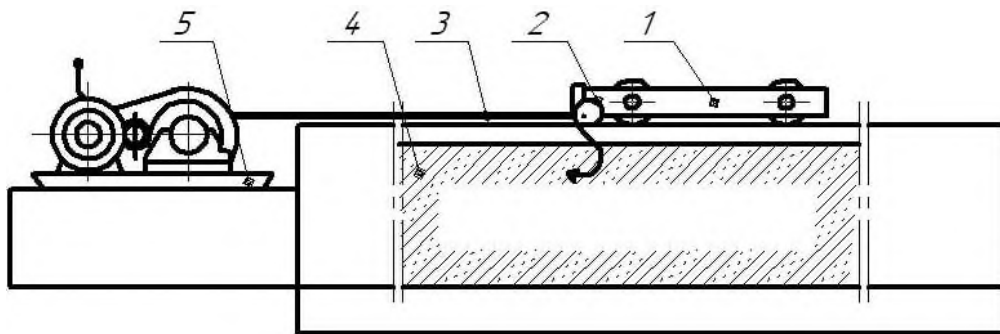


Рис. 2. Загальний вигляд ґрунтового каналу: 1 – пересувний візок; 2 – робочий орган, що досліджується; 3 – канат; 4 – ґрунтове середовище; 5 – тягова лебідка.

Спочатку знімалися показники з датчиків без навантаження стійки, далі навантаження поступово збільшували, фіксували дані по трьох каналах та вимірювали переміщення у двох координатних осях.

За правильним функціонуванням приладів вели спостереження протягом усього експерименту.

Результати вимірювання цих переміщень, а також дані з тензодатчиків наведені у таблиці 1.

За допомогою ґрунтового каналу було проведено лабораторне експериментальне дослідження. Загальний вигляд каналу з обладнанням представлений на рис. 2.

Основна рама установки встановлена на напрямні ролики. Привід тягової лебідки 5 здійснювався від електродвигуна та чотирьохступеневу коробку передач.

За допомогою тягової лебідки 5 та канату 3 рама переміщується в повздовжньому напрямку та повертається у вихідне положення.

Коробка передач забезпечує зміну робочої швидкості руху в межах від 0,5 до 2,6 м/с при змінній глибині ходу робочих органів 2 в ґрунтовому середовищі 4.

Під час руху пересувного візка 1 експериментальної установки стійка з робочим органом встановлювалась на визначену глибину (рис. 3) та сприймала силу опору ґрунту, що фіксувалось тензодатчиками, які були встановлені на стійці.



а)



б)

Рис. 3. Загальний вигляд стійки на лабораторній експериментальній установці: а) зі стрільчатою лапою; б) із двосторонньою оборотною плоскою лапою.

Сигнали від тензодатчиків потрапляли на вхід вимірювального комплексу (рис. 4) з наступною обробкою статистичної інформації за досліджуваними варіантами.



Рис. 4. Загальний вигляд вимірювальної системи та датчиків: 1 – обчислювальний модуль; 2 – датчики; 3 – блок живлення.

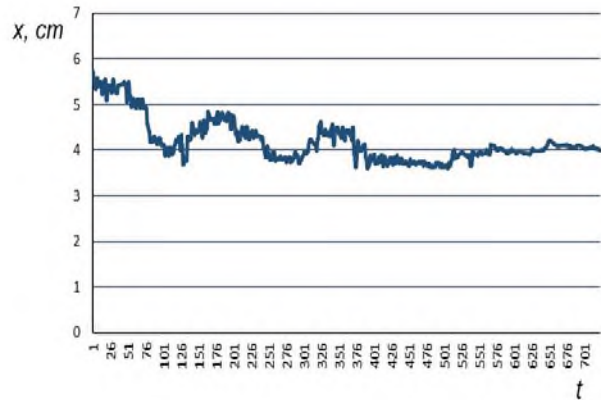
Основними складовими частинами вимірювальної системи є: комп'ютер (ноутбук), блок живлення, CAN-шина та інерційний вимірювальний прилад, що об'єднує у своєму корпусі трьохмірний акселерометр та трьохмірний гіроскоп. Комп'ютер виконував функції управляючого та накопичуючого пристрою, CAN-шина здійснювала зв'язок між комп'ютером та іншими елементами вимірювальної системи. Трьохмірні акселерометри використовувались для вимірювання прискорень, гіроскопічні датчики – для кутових швидкостей.

Принцип роботи вимірювальної системи полягає у наступному. До обчислювального модуля 1 приєднуються необхідні в дослідженні датчики. Сигнали від датчиків 2 по кабелю надходять до обчислювального модуля, де відбувається їх перетворення, збереження та відправка до комп'ютера. Напруга від блоку живлення 3 надходить до обчислювального модуля 1 по двох кабелях.

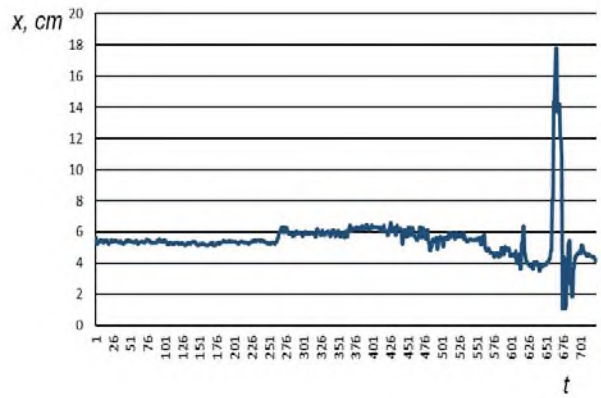
До початку експерименту проводили попереднє рихлення ґрунту на глибину 15 см та його зволоження. Вологість ґрунту під час проведення експерименту знаходилась у межах 19-21%. Дослідження проводилось на різних швидкостях руху агрегату шляхом зміни передач: 0,93 м/с; 1,66 м/с та 2,5 м/с, змінювалась глибина входження стійки з робочим органом в ґрунт: 5 см; 10 см та 15 см. Також були використані два типи робочих органів (лап) – двостороння оборотна плоска лапа та стрільчата лапа. Оскільки в умовах реальної експлуатації на полі можуть залишатись рослинні рештки, грудки ґрунту з корінням рослин та ін., було визначено вплив цих, так званих, «перешкод» на коливальний процес. Задля досягнення такої реалізації у ґрунтовому каналі на робочому шляху були встановлені грудки ґрунту різного розміру.

Подальша обробка експериментальних даних проводилась за допомогою комп'ютерних програм Matlab та Mathcad. Експериментально була підтверджена наявність автоколивань у процесі

рихлення ґрунту. На рис. 5 представлена реалізація процесу при швидкості руху агрегату 1,66 м/с, глибині обробітку 10 см, робочий орган – двостороння оборотна плоска лапа.



а)



б)

Рис. 5. Переміщення стійки а) з частковим ущільненням ґрунту; б) без ущільнення ґрунту при: швидкість руху – 1,66 м/с; глибина обробітку – 10 см; робочий орган – двостороння оборотна плоска лапа.

Дана реалізація отримана для двох варіантів: з частковим ущільненням ґрунту (варіант а)) та без ущільнення (варіант б)). Отримані експериментальні дані не суперечать раніше визначеним теоретичним розрахункам [1].

Стрибок на графіку показує, що в момент потрапляння стійки з робочим органом у зону часткового ущільнення ґрунту відбувається значне підвищення величини переміщення стійки x . Такі стрибки призводять до підвищення максимальних напружень у стійці, що може спричинити її раптове руйнування.

Висновки

1. За допомогою експериментального дослідження були виміряні основні параметри коливального процесу, а саме напруження та переміщення S-образної стійки культиватора.

2. Експериментально визначений вплив зміни режимів роботи на характер та параметри коливального процесу.

Список літератури

1. Гринченко О. С., Алфьоров О. І., Савченко В. Б., Юр'єва Г. П. Теоретичний аналіз автоколивань ґрунтообробних органів на пружній підвісці з урахуванням стохастичних факторів. Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. Харків. ХНТУСГ. 2016. Вип. 5. С. 222–226.
2. Войтюк Д. Г., Човнюк Ю. В., Діктерук М. Г. Виникнення параметричних коливань та резонансів культиваторів з пружною підвіскою робочих органів. Міжвідомчий науковий збірник. Вип. 98. Т. 1. Глеваха. 2013. С. 376–384.
3. Базаров В. П. Дополнительный упругий элемент и его влияние на упругую подвеску. Конструирование и технология производства сельскохозяйственных машин. 1980. №10. С. 9–11.
4. Бидерман В. П. Теория колебаний. Москва. Высшая школа. 1980. 408 с.
5. Бабаков И. М. Теория колебаний. Москва. Наука. 1965. 559 с.

References

1. Grinchenko, A. S. Alferov, A. I., Savchenko, V. B., Yuriev, G. P. (2016). Theoretical analysis for oscillation tillage bodies on an elastic suspension with the consideration of stochastic factors. Technical services agricultural, forestry, and transport complexes. Kharkov. INTOSH. Vol. 5. 222-226.
2. Voytyuk, D. G., Chovnyk, J. V., Dictaryk, M. G. (2013). Appearance of parametric vibrations and resonances of the cultivators with an elastic suspension of working bodies. The interdepartmental scientific collection. Vol. 98. Vol. 1. Glevaha. 376-384.
3. Bazarov, V. P. (1980). Additional elastic element and its influence on the elastic suspension. Design and production technology of agricultural machinery. No 10. 9-11.
4. Biderman, V. P. (1980). Theory of oscillations. Moscow. High school. 408.
5. Babakov, S. M. (1965). Theory of vibrations. Moscow. Science. 559.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ
КОЛЕБАНИЙ РАБОЧИХ ОРГАНОВ
КУЛЬТИВАТОРА НА УПРУГОЙ СТОЙКЕ

А. И. Алфёров Р. В. Антощенко, Г. П. Юрьёва

Аннотация. В статье рассмотрены лабораторное экспериментальное исследование колебаний S-образной стойки с целью определения основных параметров процесса рыхления почвы. Исследование проводилось при различных скоростях движения агрегата, менялась глубина вхождения стойки с рабочим органом в почву, были использованы два типа рабочих органов (лап) – двусторонняя оборотная плоская лапа и стрельчатая лапа.

Ключевые слова: культивация, экспериментальное исследование, упругая стойка, почвенный канал.

EXPERIMENTAL STUDY OF OSCILLATIONS
OF WORKING BODIES

OF CULTIVATOR ELASTIC ON FRONT

Alferov A. I. Antoshenkov R. V., Yuryeva G. P.

Abstract. In the article the laboratory experimental study of oscillations of the S-shaped rack is considered in order to determine the basic parameters of the soil loosening process. The research was carried out at various speeds of the unit, the depth of the entry of the rack with the working organ in the soil changed, two types of working bodies (paws) were used: a two-sided reversible flat paw and a handheld paw.

Key words: cultivation, experimental study, elastic strut, soil channel.

УДК 631.315:629.783:525

НАВІГАЦІЙНІ СИСТЕМИ В ТЕХНОЛОГІЯХ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА

О. М. Вечера, І. Л. Роговський, С. І. Пастушенко

Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна.

Кореспонденція авторів: olegv@meta.ua.

Історія статті: отримано – березень 2018, акцентовано – травень 2018.

Бібл. 8, рис. 3, табл. 0.

Анотація. Проведено аналіз сучасного стану використання навігаційних систем в технологіях точного землеробства для зменшення витрат та ефективного використання сільськогосподарської техніки.

Ключові слова: точне землеробство, навігаційні технології.

Постановка проблеми

Застосування високих технологій і особливо навігаційних технологій дає особливо вражаючий результат у тих галузях народного господарства, які вважаються найбільш відсталими й депресивними. Щодо цього сільське господарство нашої країни - поза конкуренцією, але, незважаючи на це, національний бізнес починає широке впровадження інформаційних технологій у сільському господарстві. Спроби налагодити ефективне й осмислене управління в сільському господарстві натрапляють на масу перешкод. У першу чергу це відсутність достовірних відомостей, як про місцевість, так і про характер землекористування і його режим.

Аналіз останніх досліджень

Керівники великих господарств найчастіше навіть не знають точних розмірів власних посівних площ, що обумовлено їхньою постійною зміною, у силу різного роду природних й адміністративних процесів. Відновлення картографічного матеріалу, що раніше здійснювалося на гроші держави, практично припинилося. Робота здійснюється на підставі карт 10-15 літньої давнини, що не відбиває реалії сьогодення. Крім того, змінюються характеристики ґрунтів і вегетації на різних ділянках полів, а також від ділянки до ділянки. Ці дані, по-перше, повинні бути в розпорядженні фахівців для прогнозу й аналізу врожайності, а, по-друге, лежати в основі агротехнічних планів стосовно кожного конкретного поля або ділянки, у противному випадку витрат і неефективних витрат уникнути не вдасться.

Ще одним джерелом значних «зайвих» витрат являється неефективне використання

сільськогосподарської техніки. Зниження цих витрат можливо по наступним напрямкам:

- автоматизований облік всіх переміщень техніки, розрахунок пробігу й оброблених площ;
- виключення розкрадань паливно-мастильних матеріалів (ПММ) (введення системи моніторингу за витратами ПММ);
- визначення оптимальних маршрутів транспортування техніки від бази до оброблюваних полів;
- визначення оптимальних маршрутів доставки врожаю до пунктів прийому;
- контроль за швидкістю переміщення техніки при виконанні польових робіт.

Комплексні технології виробництва сільськогосподарської продукції, що одержали назву «точне землеробство» (Precision Farming), почали активно розвиватися за кордоном ще наприкінці 90-х років, і визнані світовою сільськогосподарською наукою як досить ефективні передові технології, що переводять аграрний бізнес на більш високий якісний рівень.

Мета досліджень

Комплексні технології виробництва сільськогосподарської продукції є інструментом, що забезпечує рішення трьох основних задач, що зумовлюють успіх в умовах сучасного ринку – наявність своєчасної об'єктивної інформації, здатність прийняти вірні управлінські рішення й можливість реалізувати ці рішення на практиці. Рішення цих трьох взаємозалежних задач можливо за рахунок застосування спеціалізованих технічних засобів, навігаційних технологій і програмного забезпечення.

Результати досліджень

Максимальна ефективність досягається в результаті побудови комплексу програмно-технічних засобів (КПТЗ), що включає наступні підсистеми:

- Апаратні засоби для точного землеробства:
- системи паралельного водіння основі GPS навігації;
- пробовідбірники й ґрунтовий аналіз;

- системи диференційованого внесення;
- датчики врожаю.

Моніторинг сільськогосподарських угідь:

- моніторинг границь робочих ділянок полів;
- агрохімічний моніторинг полів;
- складання карт врожайності;
- аналіз умов місцевості.

Моніторинг техніки:

- автоматизований збір даних на основі GPS навігації;

- візуалізація переміщень техніки;
- оперативний облік сільськогосподарських робіт.

Технологічне планування й управління:

- техніко-економічне планування;
- оперативне планування;
- оперативний облік сільськогосподарської продукції.

Бюджетування й фінансовий облік:

- бюджетування й фінансовий облік;
- фінансовий аналіз;
- надання фінансових звітів і консолідація даних.

Публікація й доступ до даних через Internet.

Отже мова йде про створення комплексу апаратно-програмних засобів, що дозволяють накопичувати об'єктивну інформацію, аналізувати її та приймати швидкі та ефективні рішення.

За прогнозами світовий ринок точного землеробства до 2025 року досягне \$10,23 млрд і щороку буде рости на 16%. Україна - не виняток.

Точними технологіями покриті не більше 15% українських сільгоспугідь, з урахуванням обладнання, яке йде в комплекті з технікою, додаткового обладнання, різних навісів на агрегати і техніку, сервісів, послуг, програмних продуктів, дронів, обсяг ринку точного землеробства в Україні становить приблизно \$ 60-70 млн .

Сьогодні українські аграрії за рівнем технологій не набагато відстають від решти світу. В Україні впроваджується те, що випробувано в інших країнах. Створювати, тестувати, вимірювати ефективність нових технологій вже не потрібно, українські аграрії беруть і використовують кращі зарубіжні практики. Тому технологічний розрив в точному землеробстві невеликий і ніяк не заважає показувати високі результати.

ТОП-10 технологій точного землеробства в світі, які вже прийшли і в Україні.

GPS-системи і GNSS-навігація.

Практично в кожному господарстві вже працюють інструменти, засновані на GPS. З тих пір, як в 1990-х роках сільське господарство отримало доступ до супутників визначення місця розташування, оператори і виробники знайшли різні способи зв'язати ці інструменти, щоб зробити роботу на місцях набагато простіше і точніше. Навігаційними датчиками сьогодні обладнані практично всі одиниці техніки - від трактора і комбайна до дрона.

Сьогодні в світі все частіше використовують більш масштабну технологію навігаційних супутникових систем GNSS. Вона охоплює різні системи, включаючи GPS, ГЛОНАСС і Galileo.

Мобільні аксесуари для контролю за посівами.

Розвиток точного землеробства сьогодні практично неможливий без гаджетів. За допомогою смартфона, планшета або навіть розумних годин можна стежити за станом посівів, проводити діагностику поля, отримувати дані GPS, буквально сидячи на дивані.

Для цього існує безліч мобільних додатків, спеціальних програм, які дозволяють економити фермерам час і гроші.

Дрони, роботи і керована техніка.

Роботи вже частково витіснили з полів людську працю. Вони вміють засівати, збирати урожай, обрізати виноградники, поливати, обробляти ґрунт, вносити добрива.

Але найбільшого прогресу вдалося досягти в дистанційному управлінні сільгосптехніки. Оператор може керувати сидячи в офісі. Існують і так звані розумні машини, здатні слідувати за трактором. Наприклад, інженери компанії Kinze створили автономну систему зернового кошика, призначену для підключення до будь-якого трактора.

Тригаційні системи (системи поливу).

Інновації в прецизійних іригаційних технологіях стають ще більш актуальними, оскільки виробники стикаються з нестачею води через посуху і виснаженням водоносних горизонтів. Одне з останніх досягнень в цій області - телеметрія, завдяки якій аграрії можуть дистанційно контролювати практично весь процес поливу просто тримаючи перед собою планшет або смартфон зі спеціальним ПО. Системи економлять воду, час, паливо і запчастини для транспортних засобів.

У майбутньому виробники зможуть інтегрувати в свої системи моніторинг вологості ґрунту, дані про погоду і поливі.

Ось одна з останніх зрошувальних розробок: крапельна лінія витягується через поле за допомогою центрованої або лінійної системи зрошення, а вбудовані обприскувачі забезпечують рівномірну структуру по всій довжині зрошеної області. Вода доставляється безпосередньо на поверхню ґрунту, випаровування і дрейф вітру практично усуваються, що дозволяє більшій кількості води досягти кореневої зони.

Інтернет речей.

Одним з новітніх ключових слів для досягнення точності за останні кілька років став ІТ. Концепція підключення будь-якого пристрою зводиться до того що керувати ним можна за допомогою підключення до Інтернету.

Пов'язані компоненти в сільському господарстві можуть поширюються на польові датчики і аерофотознімки для моніторингу на місцях, можуть також використовуватися в диспетчерських програмах, інструментах взаємодії з продавцями та інших додатках для управління бізнесом.

Сенсори.

Бездротові сенсорні датчики використовуються в точному землеробстві для збору даних про наявність ґрунтових вод, даних про ущільнення ґрунту, родючості, температури листа, індексу площі листа, стан води, місцевих кліматичних даних, зараженні комахами-хворобами.



Рис. 1. Застосування геоінформаційних систем та комп'ютерних засобів супутникового моніторингу у технології точного землеробства.

VRA Seeding (спецтехнологія висіву насіння зі змінною швидкістю).

Технологія висіву насіння зі змінною швидкістю дозволяє виробникам використовувати всі можливості підвищення врожайності, приділяючи особливу увагу факторам, що впливають на зростання насіння. Подібну технологію використовують і для внесення добрив, виставляючи потрібну інтенсивність ходу для кожної культури.

Провісник погоди.

За останні 25 років з'явилося багато важливих технологій в метеорологічному моделюванні. Існує спеціальна платформа ClearAg, здатна проаналізувати погодні умови, стан і температуру ґрунту, і змодельовати варіант вирощування найбільш придатної для регіону культури.

Моделювання азоту.

Внесення добрив зі змінною швидкістю використовується вже давно. Однак в ситуації з внесенням азотних добрив ця система не завжди підходить. Тому розробники SST Software у співпраці з Agronomic Technology Corp створили спеціальний інструмент для управління використанням азоту, щоб вплив на екологію був мінімальним.

Сумісність технологій точного землеробства.

Аграрії, які мають справу з використанням різного обладнання в полях, ратують за те, щоб до вибору техніки ставитися більш відповідально і комплексно. Найчастіше різні технічні одиниці закуповуються у різних виробників, а потім з'ясовується, що вони несумісні. Аграрії зацікавлені в онлайн-системі контролю за ефективністю використання різного обладнання на полях.

Наявність електронних карт полів дає можливість вести строгий облік, планування і контроль всіх сільськогосподарських операцій, які базуються на точних відомостях про розмір площ полів, довжини доріг, інформації про рельєф та ін. На підставі електронних карт полів проводиться повний аналіз умов, що впливають на ріст рослин на даному конкретному полі (або навіть на ділянках 100x100 м

або 10x10 м). Карти полів складають основу для одержання структури сівозміни й проведення оптимізації виробництва з метою одержання максимального прибутку, а також раціонального використання всіх ресурсів, що беруть участь у виробництві.

Використовуються наступні способи нанесення границь робочих ділянок полів:

- векторизація границь полів по знімку високої просторової роздільної здатності;
- об'їзд границь полів з використанням GPS устаткування й спеціального програмного забезпечення;
- комбінований спосіб, тобто зважене сполучення перших двох.

У рамках комплексної системи керування сільськогосподарським підприємством електронні карти полів застосовуються для обліку сівозміни, моніторингу рухомих об'єктів, організації перевезень, складання карт врожайності, для дослідження ґрунтів, для статистичного й тематичного аналізу даних, для планування виробничого процесу та ін.

Супутниковий моніторинг полів

Обстеження сільськогосподарських територій виконується з використанням супутникової системи глобального позиціонування (GPS). За даними GPS приймача визначаються фактичні границі полів. Точність вимірів визначається типом GPS приймача, що застосовується, й додатковим устаткуванням.

Виміри полів можуть бути виконані мобільними системами - ноутбук з підключеним GPS приймачем і спеціальним програмним забезпеченням або дистанційно. Для дистанційних вимірів можна використати розгорнуту систему моніторингу техніки з централізованим збором даних. Вибір варіанта визначається вимогами до точності вимірів й оперативності їхнього виконання.

Функціональні можливості підсистеми моніторингу полів:

- створення користувальницьких карт полів у векторному форматі;

- коректування поточних карт полів з уточненням їхніх границь, розбивкою або об'єднанням;
- введення GPS даних з контролем якості по кількості використовуваних у роботі супутників і геометрії їхнього положення, що впливає на точність визначення місця розташування;
- відображення на карті в реальному часі одержуваних від GPS даних;
- вимір на карті відстаней і площ; визначення за спрощеною технологією частини поля, обробленого сільгосптехнікою;
- коректування супровідної інформації з кожного поля.

Агрохімічний моніторинг полів. Дані агрохімічного аналізу ґрунтів по кожній робочій ділянці поля можуть бути отримані двома способами:

- у результаті агрохімічних обстежень, виконаних спеціалізованою організацією;
- у результаті власних досліджень із застосуванням пробовідбірників і лабораторій по аналізу проб.

У першому випадку дані вже рознесені по ділянках і необхідно їх ввести у відповідні позиції. Відновлення відомостей агрохімічного стану ґрунтів повинне проводитися не рідше 1 разу на 5 років.

У другому випадку по точкових вимірах програма формує поверхню, яка характеризує розподіл поживних елементів по всій території. Даний метод дозволяє виявити локальні особливості на кожній робочій ділянці, оскільки показує розподіл даних, а не їхнє усереднене значення.

Однак для ряду розрахунків необхідно оперувати єдиними показниками рівня змісту поживних речовин у ґрунті в межах ділянки. Програмне забезпечення дозволяє розрахувати по розподіленому показнику одне значення різними методами. Другий спосіб агрохімічного моніторингу є більш перспективним,

оскільки готує дані для диференційованого внесення добрив.

Складання карт врожайності

Система комп'ютерного моніторингу врожайності - ефективний спосіб визначення змін рівня вологості й врожайності на полях господарства. З урахуванням даних про те, яка ділянка поля принесе більший врожай, виходячи з оптимізації витрат і витягання максимального прибутку, приймається рішення про диференційовану обробку полів. Можлива постановка протилежного завдання - зниження витрат відповідно до потенціалу врожаю на бідних землях. За бажанням, у будь-який момент систему комп'ютерного моніторингу врожайності можна легко перетворити в систему картографування врожайності.

Аналіз різних умов місцевості

На підставі топографічних даних про розташування робочих ділянок полів і паспортів полів система дозволяє визначати наступні показники:

- ухили місцевості (усереднений, поздовжній і поперечний);
- експозиції (напрямок) схилів (на північ, на південь, на схід, на захід);
- ступінь еродованості;
- механічний склад ґрунтів.

Комбінуючи ці відомості з даними агрохімічного стану, картами врожайності, рівнем опадів, поверхневим стоком та ін., можна визначати локальні ділянки, що характеризуються деякою оцінкою: вимиванням або наносом добрив і ЗЗР, заболочуванням або нестатком вологи аж до прогнозування врожайності.

Технологія аналізу даних може забезпечуватися програмними засобами просторового аналізу ГІС різних розробників Карта 2005.

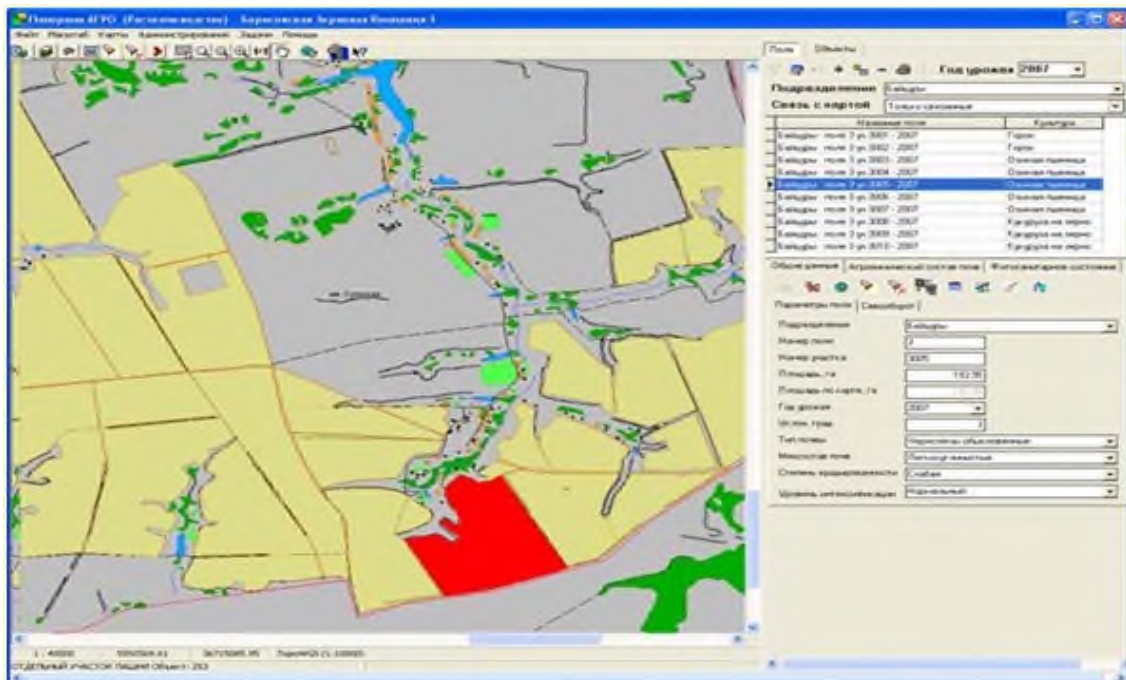


Рис. 2. Створення паспорту поля з використанням ГІС «Панорама АГРО».

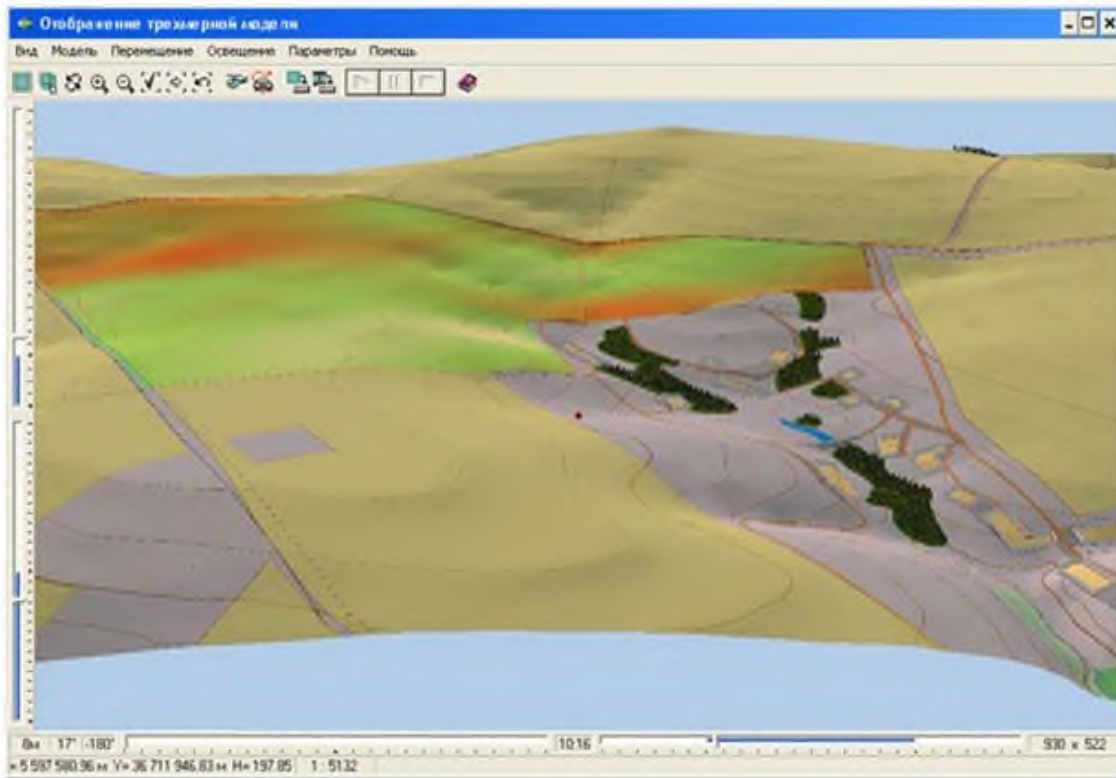


Рис. 3. Карта 2005.

Висновки

1. Користувачу надається широкий спектр потужних функцій просторового моделювання й аналізу. В основі аналізу лежать функції побудови й перетворення векторних даних у матричні (растрові) і навпаки.

2. Просторовий аналіз включає:

- перетворення векторних даних у матричні;
- створення буферних зон по відстані й близькості об'єктів;
- створення карт щільності об'єктів;
- створення безперервних поверхонь по точках;
- побудова ізоліній (інтерполяція), розрахунок кутів нахилу, експозиції схилів, відмивання рельєфу;
- проведення аналізу по матричній карті;
- виконання алгебраїчних операцій і логічних запитів до серії карт і матриць;
- виконання оверлейних операцій (входження, перетинання, близькість).

Список літератури

1. *Аніскевич Л. В.* Тенденції та шляхи розвитку машин для внесення технологічних матеріалів. Вісник Харківського державного технічного університету сільського господарства. Харків. 2000. Вип. 1. С. 130–133.

2. *Тры`губа, А.* Argumentation of the parameters of the system of purveyance of milk collected from the private farm-steads within a single administratinve district. Econtechhod: An international quarterly journal on economics in technology, new technologies and modelling processes. Lublin-Rzeszów. 2014. No 4 (3).

P. 23–27.

3. *Jaynes, D. B., Colvin, T. S., Ambuel, J.* Yield mapping by lectromagnetic induction. Site Specific Management for Agricultural Systems, proceedings of 2-nd international conference, Minneapolis, Minnesota, 1995. 15 p.

4. *Sheets, K. R., Hendrickx, J. M. H.* Noninvasive soil water content measurement using electromagnetic induction. Water resources research. 1995. Vol. 31. No 10. P. 2401–2409.

5. *Corwin, D. L. and Lesch, S. M.* Characterizing soil spatial variability with apparent soil electrical conductivity I. soil survey. Computers and Electronics in Agriculture, 2005. 46. P. 32–45.

6. *Надточій О., Тітова Л., Роговський І.* Аналіз динаміки комбайнового ринку України. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. Дослідницьке. 2016. Вип. 20. С. 254–261.

7. *Сеньо П. С.* Випадкові процеси. Львів. Компакт – ЛВ. 2006. 288 с.

8. *Rogovskii I. L.* Analysis of model of recovery of agricultural machines and interpretation of results of numerical experiment. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2016. Вип. 254. С. 424–431.

References

1. *Aniskevich, V. L.* (2000). Trends and ways of development of machines for making technological materials. Bulletin of Kharkov State Technical University of Agriculture. Kharkov. 2000. Vol. 1. 130-133.

2. Try`guba, A. (2014). Argumentation of the parameters of the system of purveyance of milk collected from the private farm-steads within a single administratinve district. Econtechhod: An international quarterly journal on economics in technology, new technologies and modelling processes. Lublin-Rzeszów. No 4 (3). 23-27.

3. Jaynes, D. B., Colvin, T. S., Ambuel, J. (1995). Yield mapping by lectromagnetic induction. Site Specific Management for Agricultural Systems, proceedings of 2-nd international conference, Minneapolis, Minnesota, 15.

4. Sheets, K. R., Hendrickx, J. M. H. (1995). Noninvasive soil water content measurement using electromagnetic induction. Water resources research. Vol. 31. No 10. 2401-2409.

5. Corwin, D. L. and Lesch, S. M. (2005). Characterizing soil spatial variability with apparent soil electrical conductivity I. soil survey. Computers and Electronics in Agriculture. 46. 32-45.

6. Nadtochiy, O., Titova, L., Rogovskii, I. (2016). Analysis of dynamics of combine market of Ukraine. Technical and technological aspects of development and testing of new equipment and technologies for agriculture of Ukraine. Doslidnitske. Vol. 20. 254-261.

7. Senio, P. S. (2006). Random processes: tutorial. Lviv. Compact – LV. 288.

8. Rogovskii, I. L. (2016). Analysis of model of recovery of agricultural machines and interpretation of results of numerical experiment. Scientific Herald of National University of Life and Environmental Science of Ukraine. Series: Technique and energy of APK. Kiev. Vol. 254. 424-431.

НАВИГАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ В ТЕХНОЛОГИЯХ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

О. Н. Вечера, И. Л. Роговский, С. И. Пастушенко

Аннотация. Проведен анализ современного состояния использования навигационных систем в технологиях точного земледелия для уменьшения расходов и эффективного использования сельскохозяйственной техники.

Ключевые слова: точное земледелие, навигационные технологии.

NAVIGATION SYSTEMS IN PRECISION FARMING

Vechera O. M., Rogovskii I. L., Pastushenko S. I.

Abstract. Analysis of the current state of the use of navigation systems in precision farming technology to reduce costs and efficient use of agricultural equipment.

Key words: precision farming, navigation technologies.

УДК 633.854.78

МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ВОЛОГОСТІ НАСІННЯ СОНЯШНИКА НА РАЦІОНАЛЬНУ ШВИДКІСТЬ ПОВІТРЯНОГО ПОТОКУ В ПНЕВМОГРАВІТАЦІЙНОМУ СЕПАРАТОРІ

С. В. Кюрчев

Таврійський державний агротехнологічний університет, Україна.

Кореспонденція автора: mtf@tsatu.edu.ua.

Історія статті: отримано – березень 2018, акцентовано – травень 2018.

Бібл. 7, рис. 1, табл. 0.

Анотація. В даній статті обумовлена актуальність теми дослідження та значимість збільшення врожайності соняшника для України. Розроблена методика дослідження впливу вологості насіння соняшника на якість сепарації пневмогравітаційним сепаратором розробленим в попередніх дослідженнях. Приведена методика дозволяє визначити раціональну швидкість повітряного потоку всередині аспіраційного каналу розробленого сепаратора. Представлені результати дослідження, які показали, що розроблений пневмогравітаційний сепаратор здатний проводити розподіл насіння соняшника з вологістю до 15%. Також було проведено дослідження впливу повітря на сепарацію насіння соняшника при температурі до 50°C, так як саме цю температуру використовують для просушування насіння соняшника. Отримані результати показали, що значного покращення сепарації насіння не відбувається. Тому, використовувати розроблений сепаратор в якості додаткової просушки насіння соняшника неможливо.

Ключові слова: аналіз, сепарування, насіння, соняшник, пневмогравітаційний сепаратор.

Постановка проблеми

Соняшник – основна олійна культура в Україні. Агровиробники нарощувати виробництво, переробку та експорт продуктів його переробки.

За підсумками січня–серпня 2017 р. Україна експортувала 57,01 тис. тон насіння соняшнику. Про це свідчать дані Державної фіскальної служби України. Україна є найбільшим у світі експортером соняшникової олії. У 2016 році українські підприємства експортували рекордний обсяг соняшникової олії – 4,8 мільйона тон.

Висока рентабельність в порівнянні з іншими олійними та зерновими культурами спонукала українських аграріїв на збільшення посівних площ під соняшник практично на 20%. Саме цей факт разом зі сприятливими погодними умовами дозволили в сезоні 2016 зібрати рекордний урожай. Міністерство агрополітики і продовольства України констатує урожай на рівні 13,3 млн тонн. Прогноз USDA у листопаді знаходиться на рівні 13,5 млн тонн [1].

Саме тому збільшення врожайності соняшника це одна з головною задачею українських фермерів. Відомо багато різних науково-обґрунтованих методів збільшення врожайності соняшнику.

Одним із способом збільшення врожайності соняшника є використання при сівбі насіння с найбільш цінними біологічно властивостями. Це насіння отримують за допомоги відбору із загальної маси шляхом сепарації.

Провівши аналіз літератури ми дізнались, що відбір із загальної маси найбільш продуктивного насіння із найбільшим запасом поживних речовин, тобто із великою масою 1000 штук насінин (80-100 г), дозволяє отримати збільшення врожайності на 3-5 ц з 1 га [2, 3].

Літературні дані випробувань повітряних каналів серійних машин показують, що очищення та сортування насіння здійснюється в них з недостатньо високою якістю: після сепарації в «цінній» фракції залишається 20-30 % легкого (неповноцінного) насіння, а збільшення маси 1000 зерен складає всього 4,4%.

Це вказує на те, що можливості повітряного потоку використовуються далеко не повністю.

Тому необхідно створення принципово нових конструкцій повітряних каналів і способів поділу, які дають можливість підвищити якість розділення насінневого матеріалу [4].

У зв'язку зі сказаним дослідження, пов'язані із обґрунтуванням параметрів пневмогравітаційного сепаратора для насіння соняшника є своєчасними і актуальними.

Аналіз останніх досліджень

Аналіз результатів наукових досліджень підтверджує, що існуючі технологічні схеми та конструкції пневматичних сепараторів мають ряд недоліків (недостатньо якісне очищення та розділення, складність налаштування, високі енергетичні витрати).

В літературі відсутні теоретичні дослідження динаміки насіння соняшника в нижній робочій зоні пневмогравітаційного сепаратора [5].

Мета досліджень

Метою дослідження є оцінка впливу вологості насіння на якість сепарації розробленого пневмогравітаційного сепаратора в попередніх дослідженнях [4, 6].

Результати дослідження

Вологість насіння соняшника має вплив на власну масу кожної окремо узятій насінини. Як нам відомо, що при збільшенні вологості насіння збільшується і вага останньої, що погіршує якість поділу в повітряному потоці.

Усього, із літературних джерел відомо, що соняшник має при його прийманні на пункти переробки чотири градації вологості [5, 7]:

- сухий стан 7%;
- середньої сухості 7...8%;
- вологий стан 8...9%;
- над вологий стан – більше 9%.

Якщо соняшник має вологість 7% та менше, то це значення є критичним, при цьому вологість повністю адсорбована та не видаляється із насіння.

Для визначення необхідної величини збільшення швидкості повітряного потоку в каналі розщеплення вертикальної аспірації, нами було розроблено наступну методику.

1. Встановили раціональну швидкість повітряного потоку в аспіраційному каналі 4,5-5 м/с за допомогою трубки Піто [2].

2. Насіння (100 г), висушена до критичної вологості (до 7%) відсепарувалась на мішень, розташовану над приймачами продуктів поділу, та замащену густим шаром липкого матеріалу (типу Літол-24).

3. Заміряли та визначали загальний середній діаметр отриманого сліду насіння після сепарування при базовій швидкості (4,5-5,5 м/с), шляхом його проміру у 8 напрямках та знаходився середній поміж ними.

Це значення бралось за основу, оскільки для досягнення такої самої якості поділу для більш вологого насіння, треба буде збільшувати швидкість

повітряного потоку вертикальної аспірації.

4. Потрібну вологість, насінню надавали шляхом обприскування розпиленою водою із одночасним проміром середньої вологості насіння методом обміру 20ти насінин, узятих випадковим чином із різних місць навіски.

5. Вологість насіння вимірювали за допомогою вологоміру Laser Liner із доробленими щупами, що має наступні характеристики:

- діапазон вимірюваної вологості 6-30%;
- похибка вимірювання $\pm 1\%$.

Після проведення дослідів насіння висушувалось у сушильній шафі та перевірялась фактична вологість шляхом зваження вологої та висушеної маси робочої навіски. Для точності результату ми проводили всі експерименти з трикратною повторністю.

Після отримання результатів ми вирішили подавати підігріте повітря до 50°C в аспіраційний канал та провели всі вище означені пункти.

Дослідивши вплив вологості насіння соняшника на раціональну швидкість повітряного потоку ми зобразили графік представлений на рис. 1.

Як видно із графіка на рис. 1, при збільшенні вологості насіння соняшника від 7% до 20% необхідно збільшувати швидкість повітряного потоку повітря від 5,5 м/с до 6м/с для якісного розподілу насінин. Після проведення експерименту з подачею повітря температурою 50°C в аспіраційний канал ми прийшли до висновку, що підігріте повітря значного впливу на якість розподілу насіння не дає. Це обумовлює тим, що аспіраційним канал малу висоту, тим самим насіння недостатньо взаємодіє один з одним.

Висновки

1. Як показали дослідження вологість значно впливає на якість сепарування насіння. При збільшенні вологості насіння соняшника від 7% до 20% необхідно збільшувати швидкість повітряного потоку в середині аспіраційного каналу до 5,5-6м/с.

2. Підігрівання повітря до 50°C перед подачею його в аспіраційний канал сепаратора значного покращення розподілу не дає.

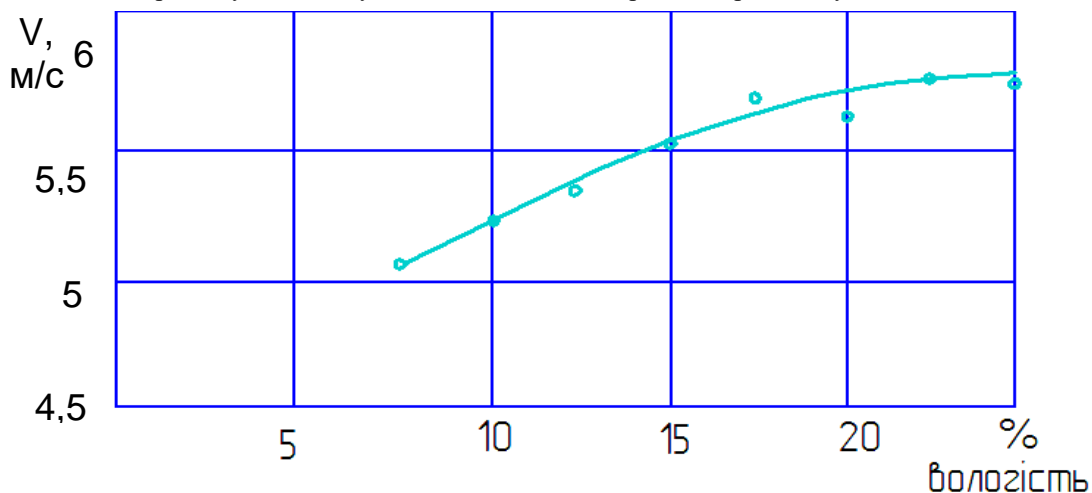


Рис. 1. Графік залежності раціональної швидкості повітряного потоку сепаратора від вологості насіння.

Список літератури

1. *Соняшник* 2016. URL: <http://milkua.info/uk/post/sonasnik-2016>.
2. *Колодій О. С., Кюрчев С. В.* Методики дослідження параметрів сепаратора насіння запропонованого типу Motrol "Motorization and energetics in agriculture", Lublin-Rzeszow. 2013. Vol. 15. No 2. P. 205–213.
3. *Ермак В. П., Ільченко А. А.* Обоснование конструктивно-технологических параметров аэродинамического сепаратора семян тыквы. Наукові праці Південного філіалу Національного університету біоресурсів і природокористування України «Кримський Агротехнологічний університет». Серія: Технічні науки. Вип. 153. Сімферополь: ВД «Аріал», 2013. С. 99–103.
4. *Кюрчев С. В., Колодій О. С.* Аналіз методів збільшення врожайності сільськогосподарських культур та вимоги до сепаратора матеріалу. Праці ВНАУ. Вінниця, 2012. Вип. 11(66). С. 311–322.
5. *Михайлов Є. В.* Післязбиральна обробка зерна у господарствах півдня України. Мелітополь: Люкс, 2012. 260 с.
6. *Кюрчев С. В., Колодій О. С.* Аеродинамічний сепаратор для насіння. Деклараційний патент України на корисну модель. МПК В07В 1/28. №u201307937, заявлено 21.06.2013, опубліковано 25.12.2013, Бюл. № 24.
7. *Патрін В. А.* Расчет траектории полета тела в воздушном потоке. Механизация и электрификация сельского хозяйства. 1971. № 10. С. 44–48.

References

1. *Sunflower*. (2016). URL : <http://milkua.info/uk/post/sonasnik-2016>.
2. *Kolodiy, A. S., Kurtev, S. V.* (2013). Methods of research of parameters of the separator seeds of the type proposed Motrol "Motorization and energetics in agriculture", Lublin-Rzeszow. Vol. 15. No 2. 205-213.
3. *Ermak, V. P., Ilchenko, A. A.* (2013). Substantiation of constructive-technological parameters of the aerodynamic separator of the pumpkin seeds. Scientific papers of the southern branch of National University of life and environmental Sciences of Ukraine "Crimean Agrotechnological University". Series: Technical Sciences. Vol. 153. Simferopol: publishing house "Arial". 99-103.
4. *Kyurchev, S. V. Kolodiy, A. C.* (2012). Analysis of methods of increasing crop yields and requirements for separator my material. Labor Vinnytsia national agrarian University. Vinnytsia, Vol. 11(66). 311-322.
5. *Mikhailov, Is. V.* (2012). Post-harvest processing of grain in the farms of southern Ukraine. Melitopol: Suite, 260.
6. *Kyurchev, S. V. Kolodiy, A. S.* (2013). Aerodynamic separator for seeds. The Declaration patent of Ukraine for useful model. IPC B07B 1/28. No u201307937, stated 21.06.2013, published on 25.12.2013, bull. No. 24.

7. *Patrin, V. A.* (1971). Calculation of the trajectory of a body in the air stream. Mechanization and electrification of agriculture. No 10. 44-48.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ
ВЛАЖНОСТИ СЕМЯН ПОДСОЛНЕЧНИКА
НА РАЦИОНАЛЬНУЮ СКОРОСТЬ ВОЗДУШНОГО
ПОТОКА В ПНЕВМОГРАВИТАЦИОННОМУ
СЕПАРАТОРЕ

С. В. Кюрчев

Аннотация. В данной статье обусловлена актуальность темы исследования и значимость увеличения урожайности подсолнечника для Украины. Разработана методика исследования влияния влажности семян подсолнечника на качество сепарации пневмогравитационным сепаратором, разработанным в предыдущих исследованиях. Приведена методика, позволяет определить рациональную скорость воздушного потока внутри аспирационного канала разработанного сепаратора. Представлены результаты исследования, которые показали, что разработанный пневмогравитационный сепаратор способен проводить распределение семян подсолнечника с влажностью до 15%. Также было проведено исследование влияния воздуха на сепарацию семян подсолнечника при температуре до 50°C, так как эту температуру используют для просушки семян подсолнечника. Полученные результаты показали, что значительного улучшения сепарации семян не происходит. Поэтому, использовать разработанный сепаратор в качестве дополнительной просушки семян подсолнечника невозможно.

METHODS OF INVESTIGATION OF INFLUENCE
OF HUMIDITY FAMILY OF SUMMER
ON RATIONAL SPEED OF AIR FLOW
IN PNEUMGRAVITATION SEPARATOR

Kyurchev S. V.

Abstract. The purpose of this article is to determine the relevance of the research topic and the importance of increasing the yield of sunflower for Ukraine. To develop a technique for studying the effect of sunflower seed moisture on the separation quality of a pneumogravitational separator developed in previous studies. The method is given, it allows to determine the rational speed of air flow inside the aspiration channel of the developed separator. The results of the study are presented, which showed that the developed pneumogravitational separator is capable of distributing sunflower seeds with a moisture content of up to 15%. The results showed that there is no significant improvement in seed separation. Use of the developed separator as an additional drying of sunflower seeds is impossible.

УДК 621.43.038

ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК АВТОТРАНСПОРТНОГО ДВИГУНА 6ГЧН 13/14 З НАДУВОМ І РОЗПОДІЛЕНОЮ ПОДАЧЕЮ ГАЗУ

В. М. Манойло

Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка, Україна.

Кореспонденція автора: vladimir.m.manoylo@gmail.com.

Історія статті: отримано – березень 2018, акцентовано – травень 2018.

Бібл. 7, рис. 4, табл. 1.

Анотація. В роботі наведені результати експериментальних досліджень автотранспортного двигуна 6ГЧН13/14 (6-циліндровий, газовий, чотириохтактний, з наддувом двигун, діаметром циліндра 130 мм і ходом поршня 140 мм), обладнаний газотурбінним наддувом і електронною розподіленою подачею газу. Мета дослідження – перевірка адекватності заявлених характеристик системи управління з розподільною подачею газу безпосередньо на об'єкті управління; оцінка впливу параметрів роботи системи управління з розподільною подачею газу на індикаторні показники двигуна. Апробація системи управління з розподіленою подачею газу виконувалась на випробувальному стенді для дослідження робочого процесу газового двигуна 6ГЧН 13/14, який оснащений іскровою системою запалювання високої енергії і газотурбінним наддувом. Стенд обладнаний вимірвальним комплексом. Ефективність системи управління з розподільною подачею газу по відношенню до класичної системи живлення оцінювалася шляхом порівняння індикаторних показників робочого процесу. При роботі двигуна з розподільною подачею газу було відмічено зростання індикаторної потужності на 17 %, середнього індикаторного тиску на 2,9 % та зниження індикаторної витрати палива на 6,75 % при частоті обертання колінчатого валу $n = 1054 \text{ хв}^{-1}$ і коефіцієнту надлишку повітря $\alpha = 1,8$. Апробація системи управління з розподільною подачею газу показала свою працеспроможність в складі газового двигуна 6ГЧН 13/14 і адекватне виконання покладених на систему функцій. При цьому застосування системи управління з розподільною подачею газу сприяє підвищенню показників робочого процесу при забезпеченні концепції «бідного згоряння».

Ключові слова: автотранспортний двигун, експериментальні дослідження, наддув, подача газу.

Постановка проблеми

Провести експериментальні дослідження по зняттю характеристик автотранспортного двигуна 6ГЧН 13/14 з наддувом і розподіленою подачею газу.

Аналіз останніх досліджень

На початковій стадії автором були проведені випробування без надувного двигуна зі штатним газобалонним обладнанням [6, 7]. Як показали результати попередніх випробувань, випробовуваний газовий без надувний двигун зі штатним газобалонним обладнанням мав занижені показники потужності (на 10-12% нижче, ніж у базового дизеля ЯМЗ-236) і завищену питому ефективну витрату палива (на 6-8% більшу, ніж у дизеля) і, відповідно, мав низькі екологічні показники та підвищену теплонапруженість деталей верхнього поясу циліндропоршневої групи двигуна. Тому виникла потреба в проведенні таких натурних досліджень надувного газового двигуна.

Мета досліджень

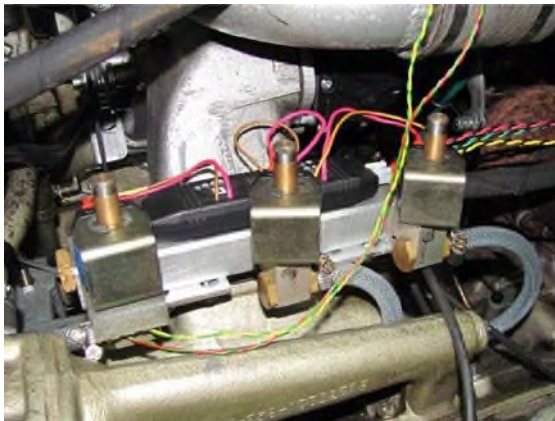
Метою досліджень є: перевірка адекватності заявлених характеристик з розподільною подачею газу безпосередньо на об'єкті управління; оцінка впливу параметрів роботи системи управління з розподільною подачею газу на індикаторні показники двигуна з газотурбінним наддувом.

Результати досліджень

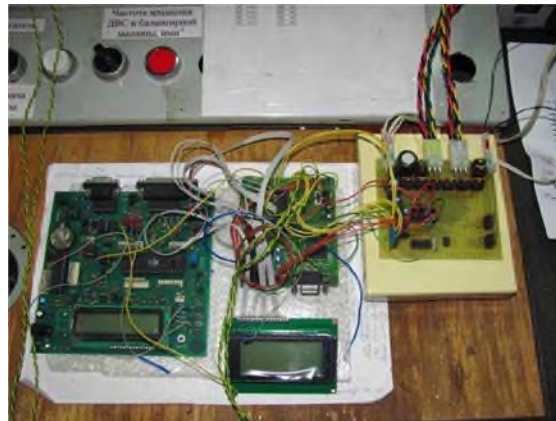
У роботі наведені результати натурних випробувань системи управління з розподіленою подачею газу. Для цього була розроблена система фазованої подачі газу [1, 2] для живлення газових двигунів середньої і великої потужності на прикладі 6ГЧН 13/14 [3, 4]. До завдань системи управління розподільною подачею газу входить забезпечення: необхідної величини циклової подачі в залежності від зміни режимів роботи двигуна за допомогою зміни часу відкритого стану електромагнітного дозатора газу [5]; циклічної рівномірності подачі газу; заданого моменту початку подачі газу на такті впуску незалежно від частоти обертання колінчастого валу з урахуванням повного часу відкриття клапана електромагнітного дозатора газу.



Рис. 1. Зовнішній вигляд газового двигуна 6ГЧН 13/14 з елементами системи управління розподільної подачі газу.



а



б

Рис. 2. Елементи системи управління розподільної подачі газу: а) зовнішній вигляд газової рампі з електромагнітними дозаторами газу; б) зовнішній вигляд блоків системи управління з розподільною подачею газу на етапі апробації.

Апробація системи управління з розподільною подачею газу здійснювалася на стенді для дослідження робочого процесу газового двигуна 6ГЧН 13/14 (рисунок 1 і рисунок 2), оснащеного іскровою системою запалювання високої енергії і газотурбінним наддувом. Для реєстрації параметрів швидкоплинних процесів стенд обладнаний вимірювальним комплексом включає набір датчиків (положення колінчастого валу, тиску в циліндрі і газовій рампі, витраті повітря, підйому клапана електромагнітного дозатору газу, моменту іскроутворення) і аналогово-цифрових пристроїв типу L-Card 14-140 з виходом на персональний комп'ютер.

На рисунку 3 наведено фрагмент реєстрованих параметрів під час випробування системи управління з розподільною подачею газу: положення поршня 4-го циліндра відносно верхньої мертвої точки (А), тиск

робочого тіла в циліндрі (В), сигнал системи запалювання високої енергії (С), і момент спрацьовування клапана електромагнітного дозатора газу (D).

Ефективність роботи системи управління з розподільною подачею газу по відношенню до класичної системи живлення оцінювалася шляхом порівняння індикаторних показників робочого процесу на заданій частоті обертання колінчастого вала двигуна (таблиця 1 і рисунок 4). При роботі двигуна з системою управління з розподільною подачею газу було відзначено зростання індикаторної потужності на 17,3%, середнього індикаторного тиску на 2,9% і зниженню індикаторної витрати палива на 6,75% при частоті обертання колінчастого вала рівній $1054 \pm 10 \text{ хв}^{-1}$ і коефіцієнті надлишку повітря, який дорівнювався $1,8 \pm 0,3$.

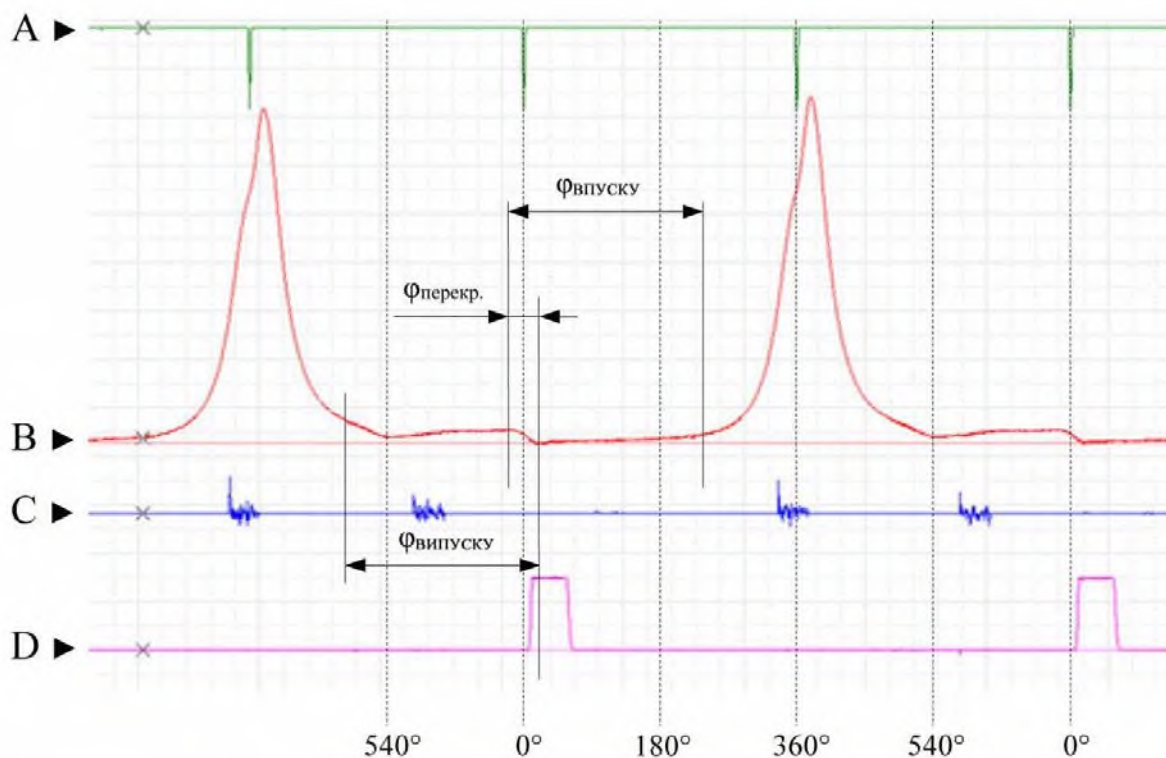


Рис. 3. Осцилограма роботи системи управління розподільною подачею газу в складі газового двигуна 6ГЧН 13/14: $\Phi_{\text{впуску}}$ - тривалість відкриття впускного клапана; $\Phi_{\text{випуску}}$ - тривалість відкриття випускного клапана; $\Phi_{\text{перекр.}}$ - перекриття клапанів.

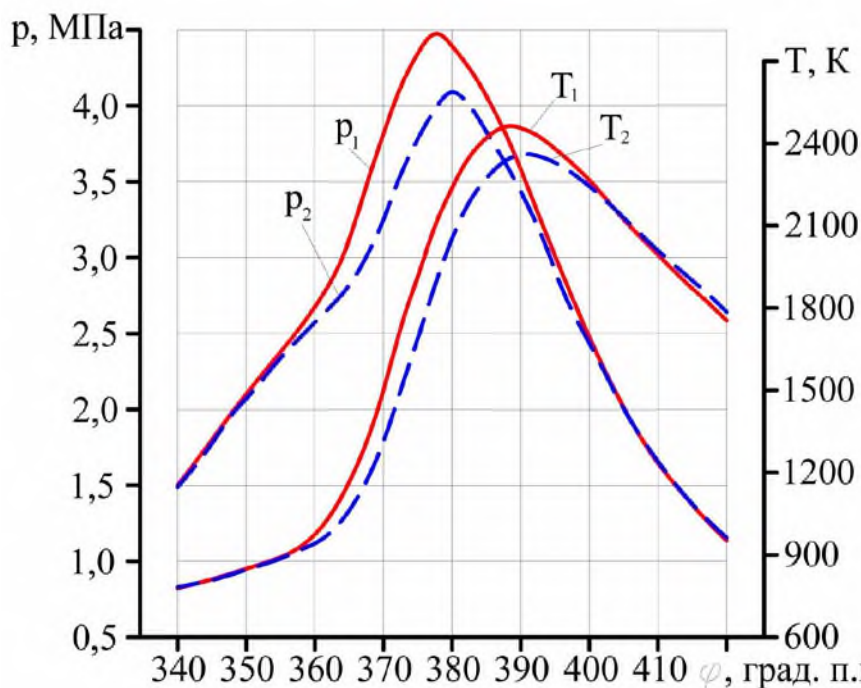


Рис. 4. Зміна тиску і температури робочого тіла в циліндрі двигуна 6ГЧН 13/14 ($n = 1054 \text{ хв}^{-1}$, $\tau_{\text{с.у.}} = 7 \text{ мс}$, $\phi_{\text{н.п}} = 12$ градусів повороту колінчастого вала після верхньої мертвої точки, $\epsilon = 11,8$): p_1 , T_1 - тиск і температура робочого тіла при використанні системи управління розподільною подачею газу; p_2 , T_2 - тиск і температура робочого тіла при використанні класичної системи живлення.

Таблиця 1. Показники робочого процесу двигуна 6ГЧН 13/14 при використанні штатної системи живлення [5] і системи управління розподільною подачею газу.

Показник	Система живлення	
	Штатна	Розподільна подача газу
Індикаторна потужність, кВт	60,06	70,47
Індикаторний тиск, МПа	0,7	0,72
Коефіцієнт надлишку повітря	1,255	1,31
Максимальний тиск циклу, МПа	4,04	4,49
Максимальна температура циклу, К	2296,92	2415,35
Питома індикаторна витрата палива, г/(кВт·год.)	200,54	187

Висновки

1. При апробації системи управління з розподільною подачею газу остання показала свою працездатність в складі газового двигуна 6ГЧН 13/14 і адекватне виконання покладених на неї функцій. При цьому застосування системи управління з розподільною подачею газу сприяє підвищенню показників робочого процесу (таблиця 1) при забезпеченні концепції «бідного горіння».

2. Подальші роботи будуть пов'язані з визначенням оптимальних параметрів управління роботою електромагнітного дозатору газу в залежності від зміни швидкісних і навантажувальних режимів роботи двигуна.

Список літератури

1. Дзюбенко А. А., Манойло В. М., Липинский М. С. Структурный синтез системы управления распределенной подачей газа. Вісник СевНТУ. Серія: машиноприладобудування та транспорт. Севастополь. СевНТУ, 2012. Вип. 134/2012. С. 100–104.

2. Дзюбенко А. А., Манойло В. М., Липинский М. С. Реализация метода «Peak & Hold» в системе распределенной подачи газа для двигателя 6ГЧН 13/14. Двигатели внутреннего сгорания. 2012. №2. С. 8–13.

3. Абрамчук Ф. И., Манойло В. М., Кабанов А. Н., Дзюбенко А. А., Липинский М. С. Стенд для исследования рабочего процесса газового двигателя 6ГЧН 13/14 с искровым зажиганием и системой распределенной подачи газа. Наукові нотатки. 2012. № 36. С. 4–9.

4. Абрамчук Ф. И., Манойло В. М., Дзюбенко А. А. Экспериментальная установка для исследования газового двигателя 6ГЧН 13/14 с наддувом и принудительным воспламенением. Автомобильный транспорт. 2011. №29. С. 43–51.

5. Абрамчук Ф. И., Манойло В. М., Дзюбенко А. А. Опытный образец электромагнитного дозатора газа системы питания автотракторного двигателя 6ГЧН 13/14. Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2012. №2/8 (56). С. 38–42.

6. Абрамчук Ф. И., Манойло В. М., Червяк В. С. Экспериментальная оценка теплового состояния элементов головки цилиндров газового двигателя 6ГЧН 13/14. Автомобильный транспорт. Харків. ХНАДУ. 2008. Вип. 23. С. 120–124.

7. Врублевский А. Н., Манойло В. М., Дзюбенко А. А., Липинский М. С. Выбор и обоснование способа стабилизации процесса топливоподачи транспортного газового двигателя. Вестник Национального технического университета. Киев. НТУ. 2012. Вип. 25. С.119–123.

References

1. Dzyubenko, A. A., Manoylo, V. M., Lipinski, M. S. (2012). Structural synthesis of control systems a distributed flow of gas. Bulletin of SevNTU. Series: machineoperator and transport. Sevastopol. SevNTU, Vol. 134/2012. 100-104.

2. Dzyubenko, A. A., Manoylo, V. M., Lipinski, M. S. (2012). Implementation of the method of Peak and Hold in the system of distributed gas engine 6ГЧН 13/14. The internal combustion engines. No. 2. 8-13.

3. Abramchuk, F. S., Manoylo, V. M., Kabanov, A. N., Dzyubenko, A. A., Lipinski, M. S. (2012). Stand for study the working process of the gas engine 6ГЧН 13/14 spark ignition system and a distributed gas supply. Scientific notes. No. 36. 4-9.

4. Abramchuk, F. S., Manoylo, V. M., Dzyubenko, A. A. (2011). Research setup for studying gas engine 6ГЧН 13/14 with the boost and positive ignition. Road transport. No. 29. 43-51.

5. Abramchuk, F. S., Manoylo, V. M., Dzyubenko, A. A. (2011). Experimental model of the electromagnetic metering of the gas supply system of automotive engine 6ГЧН 13/14. East European journal of advanced technologies. No 2/8 (56). 38-42.

6. Abramchuk, F. S., Manoylo, V. M., Chervjak, V. S. (2008). Experimental assessment of the thermal state of elements of the cylinder head gas engine 6ГЧН 13/14. Road transport. Kharkov. Vol. 23. 120-124.

7. Wroblewski, A. N., Manoylo, V. M., Dzyubenko, A. A., Lipinski, M. S. (2012). Selection and justification of the method of stabilization of the process of fuel transport gas engine. Vesnik of National technical University. Kiev. NTU. Vol. 25. 119-123.

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК АВТОТРАНСПОРТНОГО ДВИГАТЕЛЯ 6ГЧН 13/14 С НАДДУВОМ И РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ПОДАЧЕЙ ГАЗА

В. М. Манойло

Аннотация. В работе приведены результаты экспериментальных исследований автотранспортного двигателя 6ГЧН 13/14 (6-цилиндровый, газовый, четырехтактный, с наддувом двигатель, диаметром цилиндра 130 мм и ходом поршня 140 мм), оснащенный газотурбинным наддувом и электронной распределенной подачей газа. Цель исследования – проверка адекватности заявленных характеристик системы управления с распределительной подачей газа непосредственно на объекте управления; оценка влияния параметров работы, системы управления с распределительной подачей газа на индикаторные показатели двигателя. Апробация системы управления с распределенной подачей газа выполнялась на испытательном стенде для исследования рабочего процесса газового двигателя 6ГЧН 13/14, который оснащен искровой системой зажигания высокой энергии и газотурбинным наддувом. Стенд оборудован измерительным комплексом. Эффективность системы управления с распределительной подачей газа по отношению к классической системе питания оценивалась путем сравнения индикаторных показателей рабочего процесса.

При работе двигателя с распределенной подачей газа был отмечен прирост индикаторной мощности на 17%, среднего индикаторного давления на 2,9% и снижение индикаторной расхода топлива на 6,75% при частоте вращения коленчатого вала $n = 1054 \text{ мин}^{-1}$ и коэффициенте избытка воздуха $\alpha = 1,8$. Апробация системы управления с распределительной подачей газа показала свою работоспособность в составе газового двигателя 6ГЧН 13/14 и адекватное выполнение возложенных на систему функций. При этом применение системы управления с распределительной подачей газа способствует повышению показателей рабочего процесса при обеспечении концепции «бедного сгорания».

Ключевые слова: автотранспортный двигатель, экспериментальные исследования, наддув, распределенная подача газа

of the control system with distributed gas supply was carried out at the test bench to study the workflow of the 6GCHN 13/14 inflatable gas engine, which is equipped with a spark ignition system of high energy and gas turbine supercharging. The stand is equipped with a measuring complex. The efficiency of the distribution system for the distribution of gas in relation to the classical power system was evaluated by comparing the indicator indicators of the work process. In the operation of the engine with the distribution of gas, the increase in the indicator power was 17%, the average indicator pressure was 2.9%, and the indicator fuel consumption decreased by 6.75% at the crankshaft speed of $n = 1054 \text{ min}^{-1}$ and the excess air ratio $\alpha = 1.8$. Approbation of the control system with distribution gas supply has shown its ability to work in the gas engine 6HCHN 13/14 and adequate implementation of the functions assigned to the system. At the same time, the application of a distributed gas distribution system contributes to increasing the performance of the working process while ensuring the concept of "poor combustion".

Key words: motor vehicle, experimental research, inflatable, gas distribution gas distribution.

RESEARCH PERFORMANCE ENGINE CAR MOTOR 6HCHN 13/14 SUPERCHARGED AND DISTRIBUTED GAS SUPPLY

Manoylo V. M.

Abstract. The results of experimental studies of the motor vehicle 6HCHN 13/14 (6 cylinder, gas, four-stroke, supercharged engine, with a cylinder diameter of 130 mm and a piston stroke of 140 mm) are presented with the supercharging and electronic distributed gas supply. The purpose of the study is to verify the adequacy of the declared characteristics of the control system with the distribution of gas directly to the control facility; estimation of the influence of the parameters of the operation of the control system with the distribution gas supply on the indicator indicators of the engine. Approval

УДК 631.363

ВИЗНАЧЕННЯ УМОВ ДЛЯ САМООЧИЩЕННЯ ШНЕКОВОГО РОБОЧОГО ОРГАНУ КОРМОПРИГОТУВАЛЬНОГО АГРЕГАТУ

В. С. Хмельовський

Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна.

Кореспонденція автора: hmelvas@ukr.net.

Історія статті: отримано – березень 2018, акцентовано – травень 2018.

Бібл. 9, рис. 4, табл. 0.

Анотація. На сучасному етапі розвитку тваринництва, як в світовій практиці, так і в Україні все більшого розповсюдження набувають комбіновані кормоприготувальні агрегати для приготування кормів, які поєднують виконання операцій подрібнення і змішування, а також забезпечують доставку і дозоване роздавання кормів. Їх позитивними ознаками є мобільність, простота конструкції та економічність. Все це викликає значну зацікавленість в цих машинах у спеціалістів господарств з розвинутим тваринництвом різної форми власності.

За кордоном такі машини мають назву TMR міксер, що в перекладі з англійської означає – повнорационні змішувачі. Технологія підготовки кормів до згодовування в таких агрегатах передбачає мінімальний обробіток вихідних компонентів (доподрібнення та змішування), який здатен забезпечувати задовільну якість приготування кормових сумішок.

Порівняння рецепту кормового раціону європейських країн та України вказує на те, що в нашій країні великій рогатій худобі більше згодовують довговолокнутих кормів, які заздалегідь не подрібнюють. Така кормова суміш часто утворює застійні зони у бункері.

В Україні, на сьогодні, основними проблемами ферм де утримують ВРХ є не значне забезпечення виробничих процесів приготування та роздавання кормів технічними засобами.

Тому постає питання розробки нових технічних рішень, які забезпечать конкурентоздатність тваринницької продукції, отриманої на фермах великої рогатої худоби.

Ключові слова: тваринницька ферма, приготування кормів, агрегат, шнек, кормова суміш.

Постановка проблеми

Нині багатофункціональні роздавачі-змішувачі використовуються для приготування і роздавання кормів на фермах ВРХ з розвиненим молочним та м'ясним напрямом господарювання.

В технологічних схемах приготування кормової суміші комбіновані багатофункціональні машини виконують операції забору із сховищ кормів, завантаження їх в приймальний бункер, приготування (подрібнення та змішування) з них кормової суміші, транспортування кормосуміші до виробничих приміщень, а також видачу корму в приймальний бункер стаціонарного роздавача або виконання безпосередньої роздачі корму в годівниці чи на кормовий стіл тваринам.

У Європі це обладнання виготовляли понад 60 компаній. Комбіновані кормоприготувальні агрегати виготовляють, як у мобільному так і у стаціонарному варіантах, вони мають різні принципові схеми, типорозміри та способи агрегування. Кожна фірма випускає декілька типорозмірів кормоприготувальних агрегатів з місткістю бункера від 3 до 45 м³. Більшість кормоприготувальних агрегатів призначені до агрегування з колісними тракторами, але є варіанти самохідного виконання.

Аналіз попередніх досліджень

Світовий досвід показує, що традиційний апарат порційної дії для перемішування — це посудина, переважно циліндричної форми, обладнана перемішувальним пристроєм, що включає складові для урухомлення, вал і закріплену на валу всередині посудини мішалку [1]. (Часто мішалкою називають весь апарат для перемішування.) Обертаючись, мішалка передає змішуваній масі кількість руху від урухомника і змушує її перемішуватись. При використанні лопатевих мішалок передня частина лопатей тисне на сировину і вона їх обтікає, за лопатями виникає розрідження, яке спричинює підсмоктування рідких компонентів з оточуючого об'єму. Внаслідок обтікання і підсмоктування біля лопатей створюються турбулентні завихрення, які із збільшенням розмірів мішалки і частоти обертання поширюються на весь об'єм рідини, забезпечуючи її перемішування. Такі ж дії відбуваються при роботі конічного шнекового робочого органу.

Коли попередньо вибирають тип змішувального пристрою, то середовища з коефіцієнтом динамічної

в'язкості менше ніж 1 Па·с в апаратах об'ємом до 10 м³ умовно вважають мало в'язкими. Під час їх перемішування практично завжди реалізується турбулентний режим руху з ділянками переважаючого макро- і мікроперемішування. В середовищах з більшим коефіцієнтом динамічної в'язкості та в апаратах більшого об'єму зростає вірогідність існування зон ламінарного руху, де перемішування практично немає. У такому разі, слід застосовувати апарати тих типів, які рекомендуються для високов'язких і неньютонівських рідин [1, 2, 6, 7].

Кращого перемішування можна досягти, якщо встановити кілька перемішувальних органів як по висоті, так і по горизонтальному перерізу апарата [1, 6, 7].

Мета досліджень

Мета досліджень – визначити параметри шнекового робочого органу кормоапріготувального агрегату для забезпечення самоочищення, залежно від його частоти обертання та типорозміру агрегату.

Результати дослідження

В процесі приготування кормової суміші було виявлено, що багатофункціональні кормоприготувальні агрегати з вертикально розміщеним конічним шнеком у бункері, мають велику споживану потужність, (більше 35 кВт) [4, 9]. Споживана потужність, на привод робочих органів, практично прямопропорційна частоті обертання шнека. При збільшенні частоти обертання шнека ефективність подрібнення та змішування суттєво не зростає, нами обґрунтовано частоту обертання шнека 16-20 хв⁻¹, при подрібненні рулонів та паків і в режимі змішування та роздавання 24-25 хв⁻¹. Однак, в процесі роздавання кормової суміші, наявний шнек не самоочищається від кормів (рис. 1).



Рис. 1. Шнек після видачі кормової суміші.

Самоочищення витків шнека при низькій частоті їх обертання може бути забезпечене у випадку, якщо твірна витка розташована не перпендикулярно, а похило до осі шнека. Для цього були проведені аналітичні дослідження для визначення потрібного

кута нахилу витка, в залежності від частоти обертання шнека. За гіпотезу було прийнято, що нахил твірної витка шнека, щодо горизонталі, дозволить інтенсифікувати процес сходження кормової маси з витків шнека.

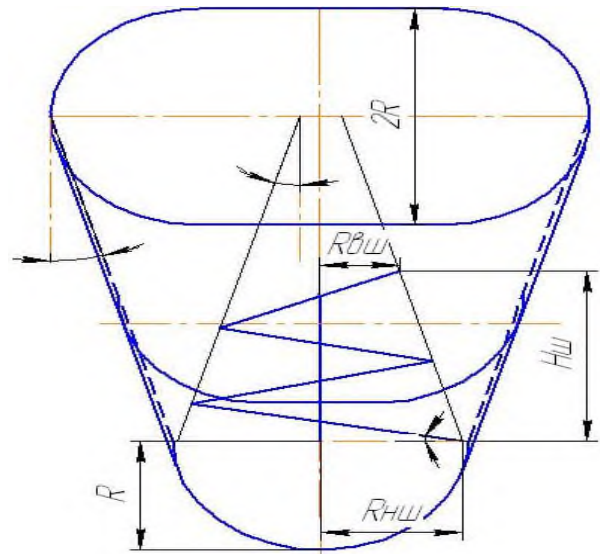


Рис. 2. До визначення параметрів шнека.

Обґрунтування складної форми шнека вимагає принципово нових підходів до визначення його параметрів. Діаметр шнека визначається, виходячи із умов ефективності процесу приготування кормової суміші та забезпечення зоотехнічних вимог, які ставляться до кормоприготувальних машини [2, 3, 5, 8, 9]. В першу чергу, унеможливлення застійних зон. Відповідно, діаметр нижньої основи шнека повинен дорівнювати величині нижньої основи конуса, за виключенням технологічного зазору, $D_{ш} = 2R_{шш} - 2\Delta l$. Стосовно верхньої основи – її параметри визначають виходячи із продуктивності шнека з врахуванням визначених параметрів бункера (рис. 2).

Частоту обертання ротора визначали з умов руху кормових компонентів по його поверхні. На корм по всій поверхні шнека діють: сила тяжіння mg , відцентрова сила інерції $mR\omega^2$, нормальна реакція шнека $N_{ш}$, сила тертя по гвинтовій навівці fmg , сила Каріоліса $2m\omega v$ та тертя від неї $2fm\omega v$.

$$mR\Omega^2 > fmg + 2fm\omega v. \quad (1)$$

Переміщення кормових компонентів в бік зовнішньої поверхні шнека можливе, якщо сила інерції більша за силу тертя, що виникає внаслідок дії сили земного тяжіння.

Очищення витків шнека від кормової суміші досягається з таких умов:

$$\begin{aligned} F_{ky} &= N + F_u \sin \beta \sin \alpha - F_{zm} \cos \beta \cos \alpha + \\ &+ F_k \sin \beta \sin \alpha - F_{km} \sin \beta \sin \alpha = 0; \\ F_{kx} &= F_u \cos \beta \cos \alpha + F_{zm} \sin \beta \sin \alpha - F_{mp} + \\ &+ F_k \cos \beta \cos \alpha - F_{km} \cos \beta \cos \alpha > 0; \end{aligned} \quad (2)$$

при нахилу твірної шнека (рис. 3).

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{fg - \omega^2 R - 2\omega v + 2f\omega v}{S(f\omega^2 R + 2f\omega v - 2f^2\omega v + g)}; \quad (3)$$

$$\beta = \operatorname{arctg} \frac{2\pi R(fg - \omega^2 R - 2\omega v + 2f\omega v)}{S(f\omega^2 R + 2f\omega v - 2f^2\omega v + g)}. \quad (4)$$

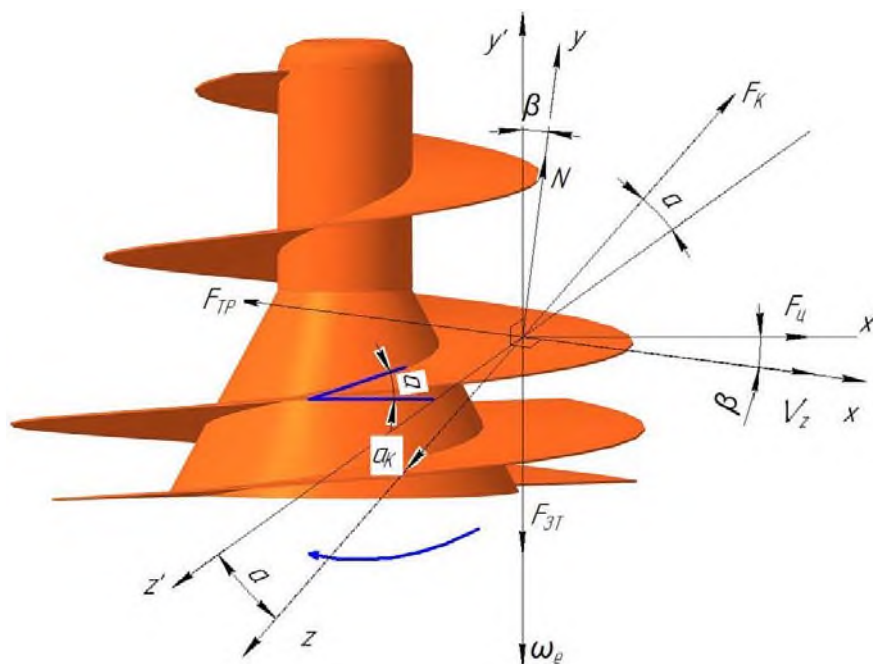


Рис. 3. До визначення кута нахилу твірної шнека.

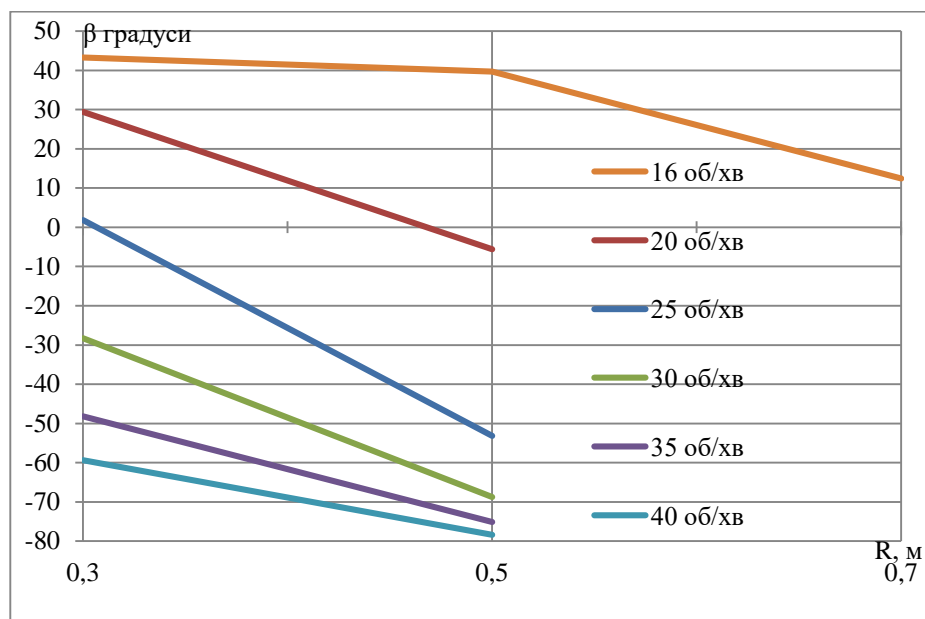


Рис. 4. Залежність необхідного кута β розташування витка шнека до горизонту від відстані до осі шнека при різних частотах його обертання, за умови забезпечення самоочищення.

На рис. 4 показано, що самоочищення витків, при перпендикулярній розміщенні їх до осі шнека, забезпечується тільки при частоті обертання не менше 25 хв^{-1} . Кут нахилу твірної витків шнека до горизонту, при частоті обертання 20 хв^{-1} , має перебувати в межах 29 градусів при відстані до осі обертання 0,3 м за горизонтального положення відносно днища МККПА при відстані до осі обертання 0,48 м. При частоті обертання шнека 25 хв^{-1} – відбувається самоочищення усіх витків шнека.

Аналіз досліджень процесів приготування та роздавання кормової суміші показав, що при частоті обертання $16-20 \text{ хв}^{-1}$ краще проводити подрібнення грубих кормів в рулонах та паках, а також здійснювати

змішування з іншими компонентами. У цьому випадку є можливість повного руйнування великих частин рулону або пака.

Висновок

Використання для змішування кормових компонентів шнекового робочого органу з встановленням твірної витка перпендикулярно до вертикальної осі шнека, за умови самоочищення, можливе при збільшенні частоти обертання шнека більше 25 хв^{-1} .

Список літератури

1. Малежик І. Ф., Циганков С. П., Немірович П. М. Процеси і апарати харчових виробництв. Київ. НУХТ, 2003. 400 с.

2. Хмельовський В. С. Обґрунтування параметрів бункера кормоприготувального агрегата. Техніка і технології АПК. 2013. № 6. С. 13–15.

3. Ревенко І. І., Хмельовський В. С., Пилипака С. Ф. Патент на корисну модель № 62767 Україна, А01К 5/02. Комбінований агрегат для приготування і роздавання кормів з робочим органом двозахідної гвинтової навівки. Заявник і патентовласник Національний університет біоресурсів і природокористування України. № у 201102922, заявлено 12.03.2011, опубліковано 12.09.2011. Бюл. 17.

4. Хмельовський В. С., Ачкєвич О. М. Дослідження процесу приготування високоенергетичної кормової суміші для ВРХ. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2017. Вип. 262. С. 304–314.

5. Ревенко І. І., Лісовенко Т. О., Хмельовський В. С., Ревенко Ю. І. Патент на корисну модель № 33815 Україна, А01К 5/00. Роздавальник кормів. Заявник і патентовласник Національний університет біоресурсів і природокористування України. № у 200803300, заявлено 17.03.2008, опубліковано 10.07.2008. Бюл. 13.

6. Ревенко І. І., Заболотько О. О. Машина та обладнання для тваринництва. Київ. Кондор. 2012. 564 с.

7. Ревенко І. І., Брагінець М. В., Ребенко В. І. Машина та обладнання для тваринництва. Київ. Кондор. 2009. 730 с.

8. Хмельовський В. С., Пилипенко О. М., Ачкєвич О. М. Класифікація багатофункціональних роздавачів-змішувачів. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Харків. 2009. Вип. 79. С. 250–258.

9. Хмельовський В. С. Перспективні технологічні рішення підготовки кормів для згодовування рогатій худобі. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2013. Вип. 182. Ч. 2. С. 185–192.

References

1. Malezhik, I. F., Tsygankov, S. P., Nemirovich, P. M. (2003). Processes and devices of food manufactures. Kiev. Nuft, 400.

2. Khmelevsky, S. V. (2013). Justification of the bunker koropnychenko unit. Equipment and technologies of agroindustrial complex. No 6. 13-15.

3. Revenko, I. I., Khmelevsky, S. V., Pylypaka, S. F. (2011). Patent for useful model No. 62767 Ukraine, A01K 5/02. Combined unit for cooking and feeding dosage helical winding. Applicant and patent of National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. No. u 201102922, stated 12.03.2011, published on 12.09.2011. Bull. 17.

4. Khmelevsky, S. V., Ackevich, V. M. (2017). Study of the process of cooking a high-energy feed mixtures for cattle. Scientific Bulletin of National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Series: electronics and energetics, agriculture. Kiev. Vol. 262. 304-314.

5. Revenko, I., Lisovenko, T. A., Khmelevsky, S. V., Revenko, Yu. I. (2008). Patent for useful model No. 33815 Ukraine, A01K 5/00. Feed distributor. Applicant and patent of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. No u 200803300 stated 17/03/2008 it published 10.07.2008. Bull. 13.

6. Revenko, I. I., Zabolotko, O. O. (2012). Machinery and equipment for livestock. Kiev. Condor. 564.

7. Revenko, I. I., Braginets, M. V., Rebenko, V. I. (2009). Machines and equipment for livestock. Kiev. Condor. 730.

8. Khmelevsky S. V., Pilipenko A. M., Ackevich, V. M. (2009). Classification of multi-dispensers Bulletin of Kharkov National Technical University of Agriculture named Peter Vasilenko. Kharkov. Vol. 79. 250-258.

9. Khmelevsky, S. V. (2013). Promising engineering solutions for the preparation of feed for feeding cattle. Scientific Bulletin of National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Series: electronics and energetics, agriculture. Kiev. Vol. 182. Part 2. 185-192.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСЛОВИЙ ДЛЯ САМООЧИСТКИ ШНЕКОВОГО РАБОЧЕГО ОРГАНА КОРМОПРИГОТОВИТЕЛЬНОГО АГРЕГАТА

В. С. Хмельовський

Аннотация. На современном этапе развития животноводства, как в мировой практике, так и в Украине все большее распространение приобретают комбинированные кормоприготовительные агрегаты для приготовления кормов, которые сочетают выполнения операций измельчения и смешивания, а также обеспечивают доставку и дозированные раздачи кормов. Их положительными признаками являются мобильность, простота конструкции и экономичность. Все это вызывает большой интерес к этим машинам у специалистов хозяйств с развитым животноводством различной формы собственности.

За рубежом такие машины называются TMR mixer, что в переводе с английского означает - полнорационные смесители. Технология подготовки кормов к скармливанию в таких агрегатах предусматривает минимальную обработку исходных компонентов (доизмельчения и смешивания), которая способна обеспечивать удовлетворительное качество приготовления кормовых смесей.

Сравнение рецепта кормового рациона европейских стран и Украины указывает на то, что в нашей стране крупному рогатому скоту больше скармливают длинноволокнистых кормов, которые заранее не измельчают. Такая кормовая смесь часто образует застойные зоны в бункере.

В Украине, сегодня, основными проблемами ферм, где содержится КРС является незначительное обеспечения производственных процессов

приготовления и раздачи кормов техническими средствами.

Поэтому возникает вопрос разработки новых технических решений, которые обеспечат конкурентоспособность животноводческой продукции, полученной на фермах крупного рогатого скота.

Ключевые слова: животноводческая ферма, приготовление кормов, агрегат, шнек, кормовая смесь.

DETERMINATION OF CONDITIONS
FOR SELF-PREPARATION OF MECHANICAL
WORKING ORGAN OF CORROSION PREPARATION
AGGREGATE

Khmelovskyi V. S.

Abstract. At the present stage of livestock development, both in world practice and in Ukraine, combined feed preparation units for feed preparation, which combine the operations of shredding and mixing, and also provide delivery and dosage of feed distribution, are becoming increasingly popular. Their positive features are mobility, ease of design and cost-effectiveness. All this is a matter of considerable interest in these machines from specialists of farms with developed livestock of various forms of ownership.

Abroad, such machines are called TMR mixer, which in English means - full-time mixers. The technology of feed preparation for feeding in such aggregates involves the minimum production of the initial components (before crushing and mixing), which is able to provide a satisfactory quality of the preparation of feed mixtures.

Comparing the recipe of the diet of European countries and Ukraine indicates that in our country cattle feed more long-fiber feed that is not pre-crushed. Such a feed mixture often forms stagnant areas in the bin.

In Ukraine, today, the main problems of farms keeping cattle are not significant provision of production processes for the preparation and distribution of feeds by technical means.

Therefore, the question arises about the development of new technical solutions that will ensure the competitiveness of livestock products obtained on the farm of cattle.

Key words: livestock farm, feed preparation, aggregate, screw, feed mixture.

УДК 631.1.004

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ АРМ ОПЕРАТОРА-ДІАГНОСТА ЗЕРНОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА

Д. Ю. Калініченко, І. Л. Роговський

Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна.

Кореспонденція авторів: irogovskii@ukr.net.

Історія статті: отримано – березень 2018, акцентовано – травень 2018.

Бібл. 11, рис. 4, табл. 2.

Анотація. В основі технічного обслуговування зернозбиральних комбайнів за технічним станом лежить технічний контроль, за допомогою якого проводять безперервний або періодичний контроль параметрів технічного стану, що характеризують поточний фактичний стан вузлів, механізмів чи агрегатів. Прогнозування виконують при безперервному контролі для визначення наробітку, протягом якого збережеться працездатний стан, а при періодичному контролі – для визначення моменту часу наступного контролю.

Процес технічного контролю несправностей складається з виявлення та локалізації дефектів у системі зернозбиральних комбайнів. Одним з прикладів є система технічного обслуговування зернозбиральних комбайнів, де потрібна висока надійність і працездатність, низький рівень викидів, крім того, технічний контроль сприяє підвищенню ефективності ТО зернозбиральних комбайнів.

Ключові слова: аналіз, система, стратегія, технічне обслуговування, зернозбиральний комбайн.

Постановка проблеми

В основі технічного обслуговування зернозбиральних комбайнів за технічним станом лежить технічний контроль, за допомогою якого проводять безперервний або періодичний контроль параметрів технічного стану, що характеризують поточний фактичний стан вузлів, механізмів чи агрегатів [1].

Прогнозування виконують при безперервному контролі для визначення наробітку, протягом якого збережеться працездатний стан, а при періодичному контролі – для визначення моменту часу наступного технічного контролю [2].

Аналіз останніх досліджень

Процес технічного контролю несправностей складається з виявлення та локалізації дефектів у системі зернозбиральних комбайнів [3]. По мірі ускладнення технічних систем зернозбиральних комбайнів і зростання вимог до безпеки, надійності та

екологічності, технічний контроль несправностей стає все більш значущою процедурою [4]. Одним з прикладів є система технічного обслуговування зернозбиральних комбайнів [5], де потрібна висока надійність [6] і працездатність [7], низький рівень викидів [8], крім того, технічний контроль сприяє підвищенню ефективності технічного обслуговування зернозбиральних комбайнів [9].

Процес переходу від планово-попереджувальної системи до адаптивної [10] відбувається на тлі загальної тенденції до укрупнення раніше роздроблених аграрних підприємств. Даний процес [11], спирається на принципи концентрації, спеціалізації і кооперації виробництва, що є ефективним стимулятором росту промисловості будь-якої розвиненої суспільно-політичної системи.

Мета досліджень

Мета досліджень – узагальнити положення структурної схеми АРМ оператора-діагнosta зернозбирального комбайна в процесах технічного обслуговування самих комбайнів.

Результати досліджень

Технологія діагностування технічного стану виробу складається з виявлення та локалізації дефектів і їх поєднань. В міру ускладнення технічних систем і зростання вимог до безпеки і надійності, діагностування несправностей стає все більш відповідальною процедурою.

Всі можливі комбінації помилок на етапі передремонтного діагностування і при розподілі агрегатів за технологічними маршрутами ремонту (комплексам ремонтних робіт) наведені в таблиці 1.

Явище помилок I-го роду характеризується виконанням зайвих ремонтних робіт, що веде до збільшення собівартості ремонту двигуна, а помилок II-го роду – недовиконанням потрібних ремонтних робіт, що може позначитися на надійності агрегату після ремонтних впливів.

Помилки I-го і II-го роду, як в сукупності, так і окремо найчастіше призводять до невірною

призначення технологічного маршруту ремонту, що характеризується зайвими розбирально-складальними роботами, а також втрати при перенаправленні на інший комплекс ремонтних робіт.

Таблиця 1. Можливі комбінації виникнення помилок I-го і II-го роду, а також помилки маршрутизації.

№	Помилковий дефект (1-го роду)	Пропуск дефекту (2-го роду)	Помилки призначення
1	-	-	-
2	+	-	-
3	-	+	-
4	+	+	-
5	+	-	+
6	-	+	+
7	-	-	+
8	+	+	+

Розроблена структурна схема АРМ оператора-діагноста в укрупненому вигляді складається з трьох частин:

- інструментально-метрологічне і технічне

забезпечення (ІМіТЗ);

- програмне забезпечення;
- інформаційно-методичне забезпечення.

Базою даного АРМ є розроблене оригінальне програмне забезпечення (ПЗ) (свідоцтво про державну реєстрацію програми для ЕОМ № 2014614299), яке ґрунтується на результатах дисертаційного дослідження, що дозволяє оператору-діагносту на етапі передремонтного діагностування агрегатів, що надходять з високим ступенем достовірності віднести конкретний агрегат до конкретного комплексу ремонтних робіт з числа заздалегідь сформованих на даному підприємстві.

Розробка оригінального програмного забезпечення (ПЗ) здійснювалася відповідно до алгоритмів [7, 11] під завдання даного дослідження на мові програмування Delphi в однойменному середовищі розробки версії 7.0.

Дане ПЗ (рис. 1) є програмної складової автоматизованого робочого місця, при роботі з яким оператор-діагност стає кваліфікованим користувачем. Для коректної роботи даного ПЗ в таблиці 2 наведені мінімальні системні вимоги.

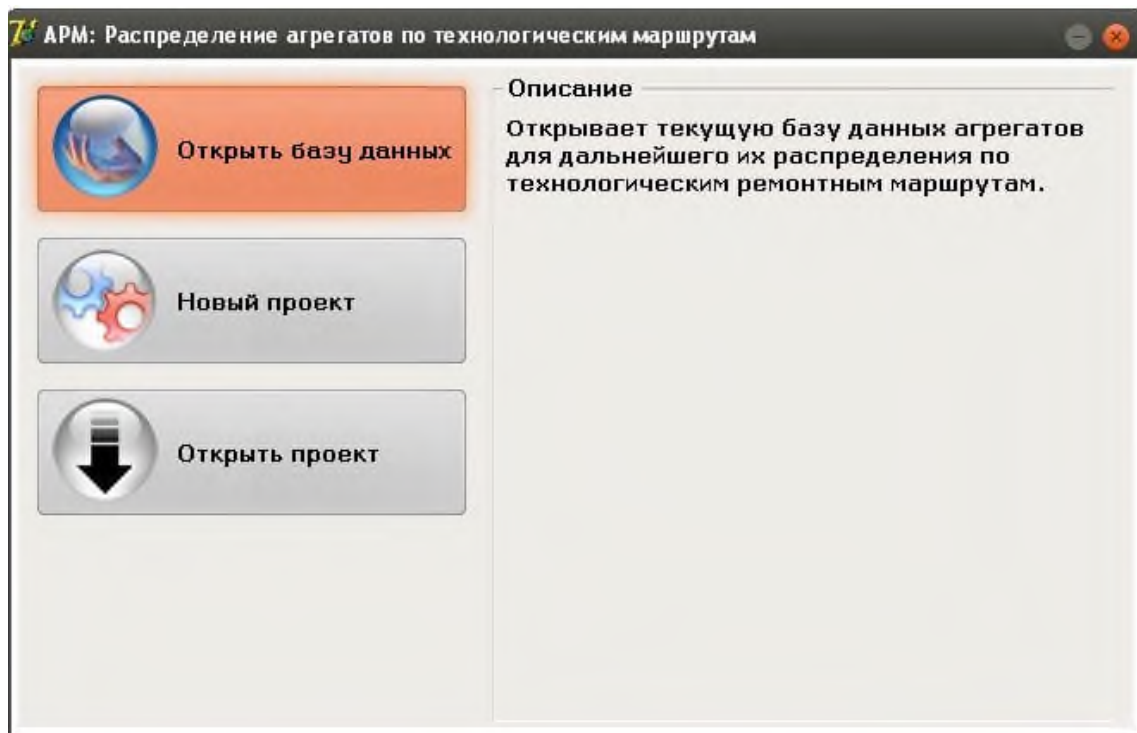


Рис. 1. Головне вікно розробленого ПО, що є ядром АРМ оператора-діагноста.

Таблиця 2. Мінімальні системні вимоги для роботи програми.

Назва вимоги	Мінімальне значення
Операційна система	Microsoft Windows XP з пакетом оновлення 2 (SP2) або більш пізня версія
Комп'ютер, процесор, ОЗУ	ПК з процесором 1 ГГц або більш, 512 Мб ОЗУ або більш
Жорсткий диск	10 Мб або більше вільного місця
Роздільна здатність екрану	Мінімум 800x600 пікселів; рекомендовано 1024x768 або більше

В збільшеному вигляді програма виконана у вигляді трьох взаємопов'язаних модулів:

«Модуль роботи з базами даних» – модуль перегляду баз даних, які формуються для вирішення поставлених завдань.

База даних DB1, згідно рис. 2, містить параметри агрегатів, які використовуються в якості вхідних векторів при використанні математичного апарату ШНМ для розпізнавання дефектів різних вузлів агрегатів.

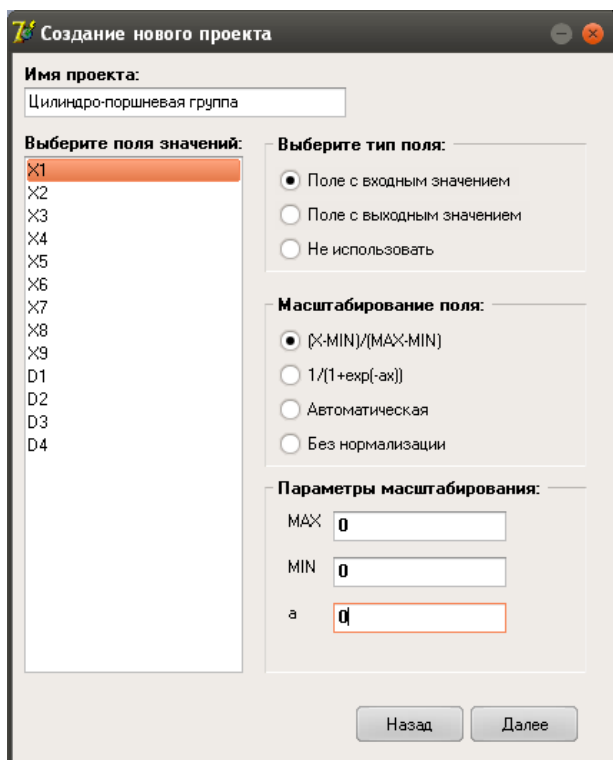


Рис. 2. Вікно створення нового проекту.

База даних DB2, формується за результатами роботи алгоритму, блок-схема якого представлена на рис. 2, у вигляді прямокутної матриці з розмірністю

$$m \times n,$$

де m – число рядків, яка дорівнює кількості контрольованих агрегатів; n – число стовпців, рівне сумарній кількості розпізнаються дефектів по всіх вузлах розглянутого агрегату.

База даних DB3 є результатом роботи алгоритму і містить в собі вихідну інформацію про отримані параметрах і помилки при навчанні ШНМ.

«Модуль нового проекту» – модуль, який відповідає за покрокове побудова ШНМ під поточні завдання дослідження, ділиться на два підмодуля:

- рішення завдання розпізнавання сполучень дефектів агрегатів;
- рішення завдання розподілу агрегатів за технологічними маршрутами ремонту.

На рис. 2. і 3 представлені вікна модуля нового проекту зі створення моделі штучної нейронної мережі для навчання рішення завдання розпізнавання дефектів ЦПГ і подальшого розподілу по КРР відповідно.

У програмі використовуються наступні типи полів:

- поля з вхідним значенням – дані поля будуть використовуватися в якості вхідного шару штучної нейронної мережі;
- поля з вихідним значенням – дані поля будуть використовуватися в якості вихідного шару штучного нейронної мережі;
- не використані поля – дані поля не будуть використані при навчанні і тестуванні ШНМ.

Для нормалізації полів доступні наступні види масштабування:

- $(X-MIN)/(MAX-MIN)$ – лінійна нормалізація, згідно блок-схемі алгоритму на рис. 3.
- $1/(1+\exp(-ax))$ – експоненціальна нормалізація.

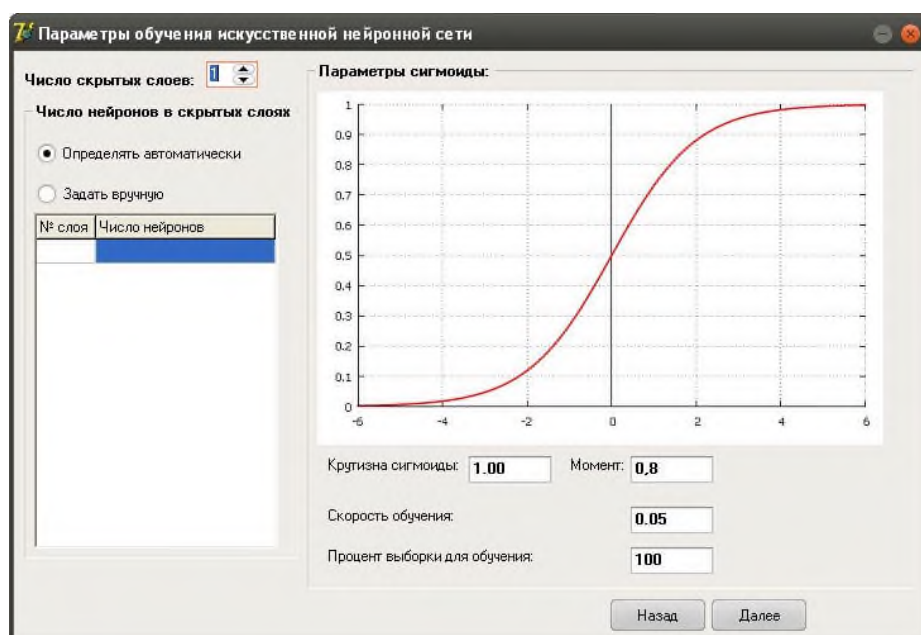


Рис. 3. Вікно параметрів навчання ШНМ.

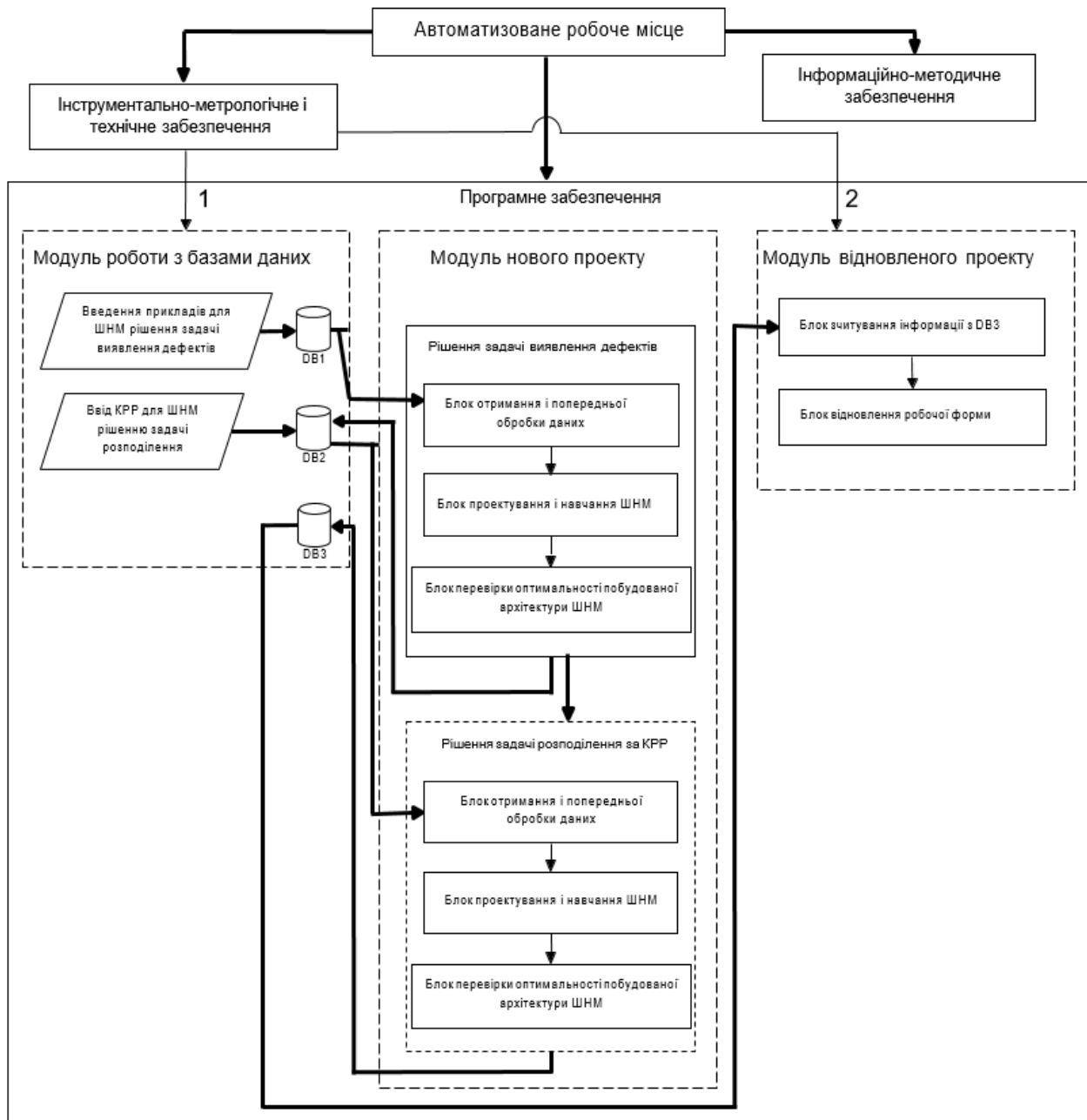


Рис. 4. Розроблена структура організації та взаємодії між елементами автоматизованого робочого місця оператора-діагноста, де: 1 – елемент АРМ ІМіТО взаємодіє з модулем роботи з базами даних ПО при вступі до ремонтний фонд нової моделі агрегату; 2 – елемент АРМ ІМіТО взаємодіє з модулем відновлення проекту при роботі з моделями агрегатів, відомості про яких вже є в базах даних ПО.

Автоматично – застосовується при необхідності нормалізувати ґрунтуючись на характеристиках вибірки.

Без нормалізації – масштабування поточного поля в область значень сигмоїдальної функції активації не виконуватиметься.

Число нейронів в прихованих шарах знаходиться або автоматично, відповідно до блок-схемами алгоритмів і результатами обробки експериментальних даних в розділі 3 цієї дисертації, або задається вручну.

«Модуль відновлення проекту» – відновлення сеансу ранне створеного проекту для продовження роботи з ним.

На рис. 4 схематично представлена внутрішня структура організації та взаємодії між модулями

розробленого програмного забезпечення та їх взаємодія з іншими елементами АРМ.

Висновок

Розроблене оригінальне алгоритмічне програмне забезпечення є базою для створення АРМ, яке дозволить оператору-діагносту зернозбирального комбайну застосовувати отримані результати даних досліджень для однозначного і достовірного віднесення конкретного агрегату до конкретного технологічного маршруту відновлення працездатності в системі технічного обслуговування.

Список літератури

- 1.Калініченко Д. Ю., Роговський І. Л. Аналітичні положення визначення коефіцієнта динамічності параметрів технічного стану зернозбиральних комбайнів. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки, технологій для сільського господарства України. Дослідницьке. 2017. Вип. 21 (35). С. 55–61.
- 2.Калініченко Д. Ю., Роговський І. Л. Аналіз систем і стратегій технічного обслуговування зернозбиральних комбайнів та їх складових частин. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2017. Вип. 258. С. 380–390.
- 3.Калініченко Д. Ю., Роговський І. Л. Штучні когнітивні системи в процесах технічного обслуговування зернозбиральних комбайнів. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2017. Вип. 262. С. 353–361.
- 4.Калініченко Д. Ю., Роговський І. Л. Математичний апарат опису маршруту технічного обслуговування зернозбиральних комбайнів з урахуванням виявлення комбінацій відмов. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2017. Вип. 275. С. 337–346.
- 5.Kalinichenko Dmytro, Rogovskii Ivan. Decision for technical maintenance of combine harvesters in system of RCM. MOTROL. Lublin. 2017. Vol. 19. No 3. P. 179–184.
- 6.Kalinichenko Dmytro, Rogovskii Ivan. Modeling technology in centralized technical maintenance of combine harvesters. ТЕКА. 2017. Lublin–Rzeszów. Vol. 17. No 3. P. 103–114.
- 7.Войтюк В. Д., Рубльов В. І., Роговський І. Л. Системні принципи забезпечення якості технічного сервісу сільськогосподарської техніки: монографія. Київ. НУБіП України. 2016. 360 с.
- 8.Роговський І. Л. Відновлення працездатності складальних одиниць сільськогосподарської машини. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Харків. 2015. Вип. 159. С. 224–232.
- 9.Роговський Іван. Стохастические модели обеспечения работоспособности сельскохозяйственных машин. Motrol: Motorization and power industry in agriculture. 2014. Том 16. №3. P. 296–302.
10. Rogovskii I. L. Conceptual framework of management system of failures of agricultural machinery. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2017. Вип. 262. С. 403–411.
11. Kalinichenko Dmytro, Rogovskii Ivan. Method for Determining Time of next Maintenance of Combine Harvesters. ТЕКА. An International Quarterly Journal on Motorization, Vehicle Operation, Energy Efficiency and Mechanical Engineering. 2018. Lublin–Rzeszów. Vol. 18. No 1. P. 105–115.

References

- 1.Kalinichenko D. Yu., Rogovskii, I. L. (2017). Analytical position determination of the coefficient of dynamic parameters of the technical condition of combine harvesters. Technical and technological aspects of the development and testing of new equipment and technologies for agriculture of Ukraine. Doslidnitske. Vol. 21 (35). 55-61.
- 2.Kalinichenko D. Yu., Rogovskii, I. L. (2017). Systems analysis and strategies for technical maintenance of combine harvesters and their parts. Scientific Herald of National University of Life and Environmental Science of Ukraine. Series: Technique and energy of APK. Kyiv. Vol. 258. 380-390.
- 3.Kalinichenko D. Yu., Rogovskii, I. L. (2017). Artificial cognitive systems in the processes of technical maintenance of combine harvesters. Scientific Herald of National University of Life and Environmental Science of Ukraine. Series: Technique and energy of APK. Kyiv. Vol. 262. 353-361.
- 4.Kalinichenko D. Yu., Rogovskii, I. L. (2017). Mathematical apparatus of the description of the route maintenance of combine harvesters in accordance with the detection of combinations of failures. Scientific Herald of National University of Life and Environmental Science of Ukraine. Series: Technique and energy of APK. Kiev. Vol. 275. 337-346.
- 5.Kalinichenko Dmytro, Rogovskii Ivan. (2017). Decision for technical maintenance of combine harvesters in system of RCM. MOTROL. Lublin. Vol. 19. No 3. 179-184.
- 6.Kalinichenko Dmytro, Rogovskii Ivan. (2017). Modeling technology in centralized technical maintenance of combine harvesters. ТЕКА. Lublin–Rzeszów. Vol. 17. No 3. 103-114.
7. Voytyuk, V. D., Rublyov, V. I., Rogovskii, I. L. (2016). System guidelines for quality assurance of technical service of agricultural machinery. Kiev. NULESU. 360.
8. Rogovskii, I. L. (2015). Recovery Assembly units of agricultural machines. Bulletin of Kharkov National Technical University of Agriculture named Peter Vasilenko. Kharkov. Vol. 159. 224-232.
9. Rogovskii Ivan. (2014). Stochastic models ensure efficiency of agricultural machinery. Motrol: Motorization and power industry in agriculture. Tom 16. № 3. 296-302.
10. Rogovskii, I. L. (2017). Conceptual framework of management system of failures of agricultural machinery. Scientific Herald of National University of Life and Environmental Science of Ukraine. Series: Technique and energy of APK. Kiev. Vol. 262. 403-411.
11. Kalinichenko Dmytro, Rogovskii Ivan. (2018). Method for Determining Time of next Maintenance of Combine Harvesters. ТЕКА. An International Quarterly Journal on Motorization, Vehicle Operation, Energy Efficiency and Mechanical Engineering. Lublin–Rzeszów. Vol. 18. No 1. 105-115.

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ
АРМ ОПЕРАТОРА-ДИАГНОСТА
ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА

Д. Ю. Калініченко, І. Л. Роговський

Аннотация. В основе технического обслуживания зерноуборочных комбайнов за техническим состоянием лежит технический контроль, с помощью которого проводят непрерывный или периодический контроль параметров технического состояния, характеризующих текущее фактическое состояние узлов, механизмов или агрегатов. Прогнозирование выполняют при непрерывном контроле для определения наработки, в течение которого сохранится работоспособное состояние, а при периодическом контроле – для определения момента времени следующего контроля.

Процесс технического контроля неисправностей состоит из обнаружения и локализации дефектов в системе зерноуборочных комбайнов. По мере усложнения технических систем зерноуборочных комбайнов и рост требований к безопасности, надежности и экологичности, технический контроль неисправностей становится все более значимой процедурой. Одним из примеров является система технического обслуживания зерноуборочных комбайнов, где требуется высокая надежность и работоспособность, низкий уровень выбросов, кроме того, технический контроль способствует повышению эффективности технического обслуживания зерноуборочных комбайнов.

Ключевые слова: анализ, система, стратегия, техническое обслуживание, зерноуборочный комбайн.

GENERAL PROVISIONS STRUCTURAL DIAGRAM
OF AWP OPERATOR-DIAGNOSTICIAN COMBINE
HARVESTER

Kalinichenko D. Yu., Rogovskii I. L.

Abstract. The basis of the technical maintenance of combine harvesters for the technical condition is technical control, through which conduct continuous or periodic monitoring of the parameters of the technical condition characterizing the actual state of units, mechanisms or agregatu. Forecasting is performed by continuous monitoring to determine the developments during which you will remain healthy state and under periodic monitoring to determine the time of the next control.

The process of technical control of faults consists of detection and location of defects in the system of combine harvesters. As the complexity of technical systems of combine harvesters and the growth requirements of safety, reliability and sustainability, technical fault monitoring is becoming increasingly important procedure. One example is the system of technical maintenance of combine harvesters, which require high reliability and performance, low emissions, in addition, the technical control helps to improve the effectiveness of the technical maintenance of combine harvesters.

Key words: analysis, system, strategy, technical maintenance, combine harvester.

УДК 631.1.004

РІШЕННЯ ЗАВДАННЯ РОЗПІЗНАВАННЯ СПОЛУЧЕНЬ ДЕФЕКТІВ АГРЕГАТІВ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА НА ОСНОВІ ШНМ

Д. Ю. Калініченко, І. Л. Роговський

Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна.

Кореспонденція авторів: irogovskii@ukr.net.

Історія статті: отримано – травень 2018, акцентовано – вересень 2018.

Бібл. 12, рис. 13, табл. 8.

Анотація. В основі технічного обслуговування зернозбиральних комбайнів за технічним станом лежить технічний контроль, за допомогою якого проводять безперервний або періодичний контроль параметрів технічного стану, що характеризують поточний фактичний стан вузлів, механізмів чи агрегатів. Прогнозування виконують при безперервному контролі для визначення наробітку, протягом якого збережеться працездатний стан, а при періодичному контролі – для визначення моменту часу наступного контролю.

Процес технічного контролю несправностей складається з виявлення та локалізації дефектів у системі зернозбиральних комбайнів. Одним з прикладів є система технічного обслуговування зернозбиральних комбайнів, де потрібна висока надійність і працездатність, низький рівень викидів, крім того, технічний контроль сприяє підвищенню ефективності ТО зернозбиральних комбайнів.

Ключові слова: аналіз, система, стратегія, технічне обслуговування, зернозбиральний комбайн.

Постановка проблеми

В основі технічного обслуговування зернозбиральних комбайнів за технічним станом лежить технічний контроль, за допомогою якого проводять безперервний або періодичний контроль параметрів технічного стану, що характеризують поточний фактичний стан вузлів, механізмів чи агрегатів [1].

Прогнозування виконують при безперервному контролі для визначення наробітку, протягом якого збережеться працездатний стан, а при періодичному контролі – для визначення моменту часу наступного технічного контролю [2].

Аналіз останніх досліджень

Процес технічного контролю несправностей складається з виявлення та локалізації дефектів у системі зернозбиральних комбайнів [3]. По мірі ускладнення технічних систем зернозбиральних комбайнів і зростання вимог до безпеки, надійності та

екологічності, технічний контроль несправностей стає все більш значущою процедурою [4]. Одним з прикладів є система технічного обслуговування зернозбиральних комбайнів [5], де потрібна висока надійність [6] і працездатність [7], низький рівень викидів [8], крім того, технічний контроль сприяє підвищенню ефективності технічного обслуговування зернозбиральних комбайнів [9].

Процес переходу від планово-попереджувальної системи до адаптивної [10] відбувається на тлі загальної тенденції до укрупнення раніше роздроблених аграрних підприємств. Даний процес [11], спирається на принципи концентрації, спеціалізації і кооперації виробництва, що є ефективним стимулятором росту промисловості будь-якої розвиненої суспільно-політичної системи.

Мета досліджень

Мета досліджень – узагальнити положення рішення завдання розпізнавання сполучень дефектів агрегатів зернозбирального комбайна на основі ШНМ в процесах технічного обслуговування самих комбайнів.

Результати досліджень

Важливим етапом експериментальних досліджень при використанні математичного апарату штучної нейронної мережі, є визначення обсягу навчальної вибірки для якісного навчання ШНМ. Недостатня кількість або протиріччя даних в навчальному наборі відібрається в великій кількості помилок при класифікації дефектів і розподілу агрегатів по КРР на етапі тестування.

На даний момент не існує узагальненого способу визначення необхідного числа прикладів для якісного навчання ШНМ, тому дана задача досі не має однозначного вирішення.

Виходячи з гіпотези, що для навчання адекватної моделі математичного апарату ШНМ досить кількості навчальних прикладів P , що дорівнює добутку числа нейронів вхідного і вихідного шарів отримуємо:

$$P = N_x \cdot N_y \quad (1)$$

де N_x – число нейронів вхідного шару; N_y – число нейронів вихідного шару.

На етапі експериментальних досліджень, побудова моделей штучних нейронних мереж здійснювалося в програмному забезпеченні Deductor Studio Academic 5.2. Вибір даного програмного продукту обумовлений тим, що він є одним з лідерів на ринку аналітичних платформ, який реалізує більшість сучасних підходів до аналізу та обробці даних.

Для побудови нейронної мережі використовувалися теоретичні розробки [5, 9, 12].

Рішення даного завдання буде виконуватися відповідно до розробленого алгоритму, блок-схема якого приведена на рис. 2.6, в рамках загальної методики дослідження.

Кожен контрольований параметр буде окремим нейроном у вхідному шарі ШНМ, а кожен можливий дефект певного вузла двигуна буде окремим нейроном у вихідному шарі ШНМ. Сукупність сигналів нейронів вихідного шару буде утворювати певне поєднання дефектів.

У рішеннях показано взаємозв'язки контрольованих параметрів основних вузлів двигунів зернозбиральних комбайнів, які брали участь в експериментальних дослідженнях, і виявляються за їх допомогою дефекти. Для підвищення якості навчання і точності розпізнавання, дефекти, що розпізнаються були згруповані по загальним діагностичним ознаками (параметрами). Результати наведені в таблиці 1.

Таблиця 1. Результати угруповання виявлених дефектів

Позначення	Найменування
1. Дефект циліндро-поршневої групи (ЦПГ)	
S ₁	Дефект канавки поршня під компресійне
S ₂	Дефект компресійного кільця
S ₃	Дефект спідниці поршня
S ₄	Дефект гільзи циліндра
2. Дефект кривошипно-шатунного механізму (КШМ)	
S ₅	Дефект шатунних шийок колінчастого вала
S ₆	Дефект корінних шийок колінчастого вала
S ₇	Дефект задньої корінної шийки
S ₈	Дефект верхньої головки шатуна
3. Дефект газорозподільного механізму (ГРМ)	
S ₉	Дефект стрижня клапана
S ₁₀	Дефект кулачків розподільного вала
S ₁₁	Дефект розподільних шестерень
S ₁₂	Дефект сідла клапана
S ₁₃	Дефект направляючих втулок стрижня
S ₁₄	Дефект опор розподільного вала

Розподіл прикладів між наборами даних для навчання і тестування ШНМ для основних ресурсних груп двигуна представлено на рис. 1.

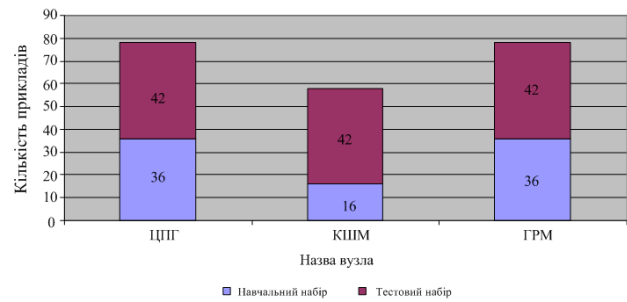


Рис. 1. Розподіл прикладів між навчальним і тестовим наборами.

Навчальні набори даних (РЦПГ, РКШМ, РГРМ) формувалися шляхом випадкових комбінацій базових наборів навчальних прикладів, які були складені на основі ССМ взаємозв'язку контрольованих параметрів.

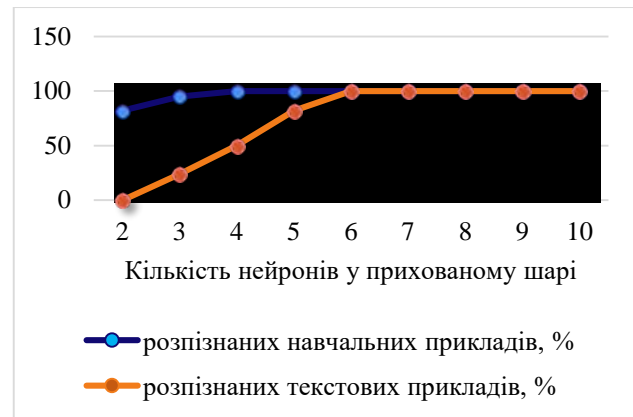


Рис. 2. Графік збіжності розпізнаних дефектів ЦПГ при навчанні і тестуванні ШНМ.

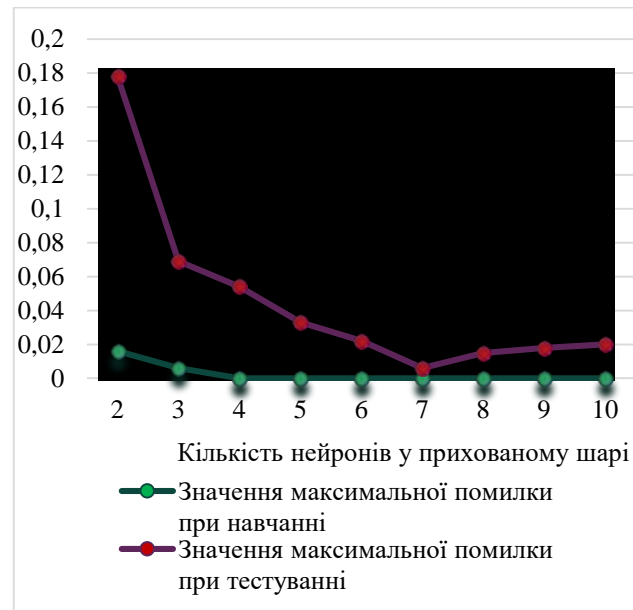


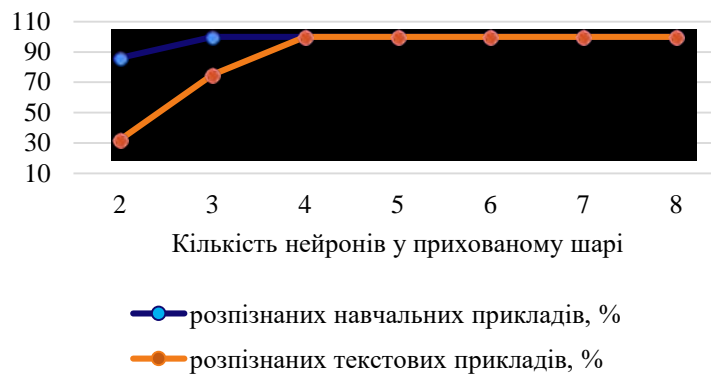
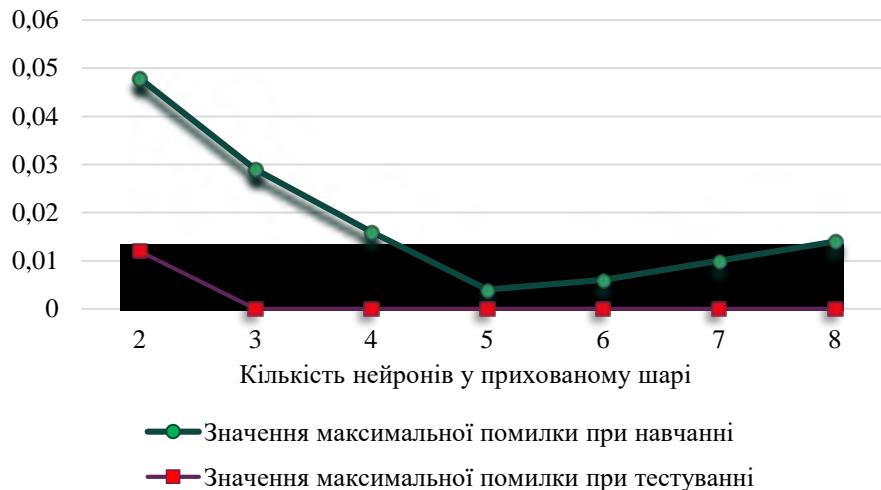
Рис. 3. Графік збіжності значень максимальної помилки розпізнавання дефектів ЦПГ при навчанні і тестуванні ШНМ.

Таблиця 2. Значення помилок при розпізнаванні поєднань дефектів ЦПП в залежності від кількості нейронів в прихованому шарі.

L	Розпізнавання навчальних прикладів,%	Значення максимальної помилки при навчанні	Розпізнавання тестових прикладів,%	Значення максимальної помилки при тестуванні
2	82	0,016	0	0,178
3	95	0,006	24	0,069
4	100	0,000	50	0,054
5	100	0,000	82	0,033
6	100	0,000	100	0,022
7	100	0,000	100	0,006
8	100	0,000	100	0,015
9	100	0,000	100	0,018
10	100	0,000	100	0,020

Таблиця 3. Значення помилок при розпізнаванні поєднань дефектів КШМ в залежності від кількості нейронів в прихованому шарі.

L	Розпізнавання навчальних прикладів,%	Значення максимальної помилки при навчанні	Розпізнавання тестових прикладів,%	Значення максимальної помилки при тестуванні
2	86	0,012	32	0,048
3	100	0,000	75	0,029
4	100	0,000	100	0,016
5	100	0,000	100	0,004
6	100	0,000	100	0,006
7	100	0,000	100	0,010
8	100	0,000	100	0,014

**Рис. 4.** Графік збіжності розпізнаних дефектів КШМ при навчанні і тестуванні ШНМ**Рис. 5.** Графік збіжності значень максимальної помилки розпізнавання дефектів КШМ при навчанні і тестуванні ШНМ.

Таблиця 4. Значення помилок при розпізнаванні поєднань дефектів ГРМ в залежності від кількості нейронів в прихованому шарі

L	Розпізнавання навчальних прикладів, %	Значення максимальної помилки при навчанні	Розпізнавання тестових прикладів, %	Значення максимальної помилки при тестуванні
2	84	0,022	0	0,179
3	100	0	28	0,082
4	100	0	56	0,045
5	100	0	94	0,031
6	100	0	100	0,018
7	100	0	100	0,008
8	100	0	100	0,014
9	100	0	100	0,016
10	100	0	100	0,021

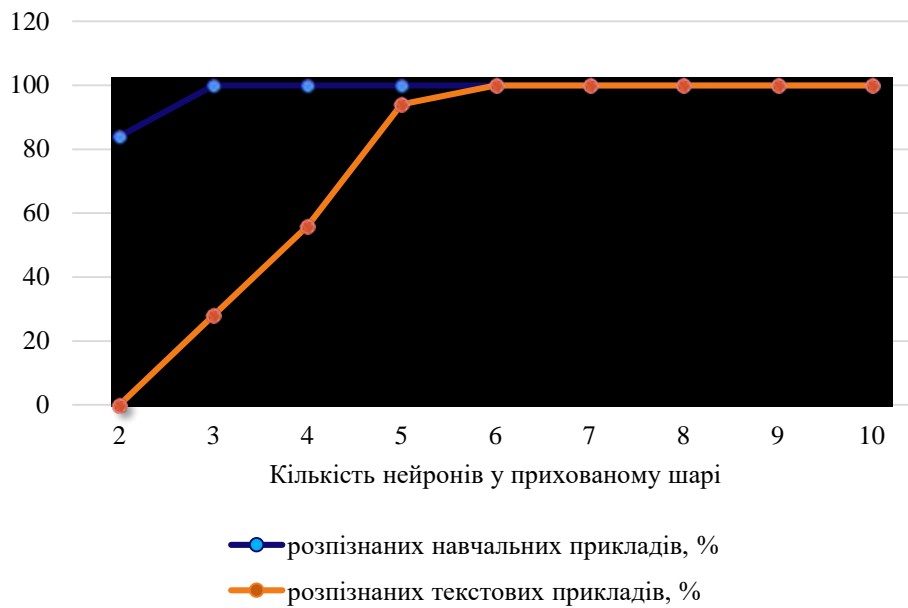


Рис. 6. Графік збіжності розпізнаних дефектів ГРМ при навчанні і тестуванні ШНМ.

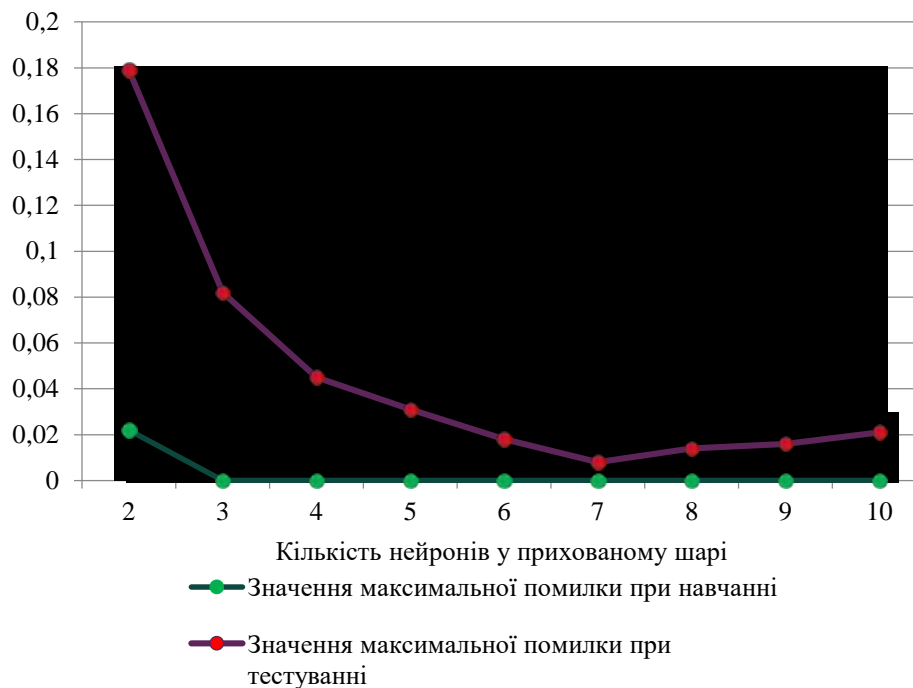


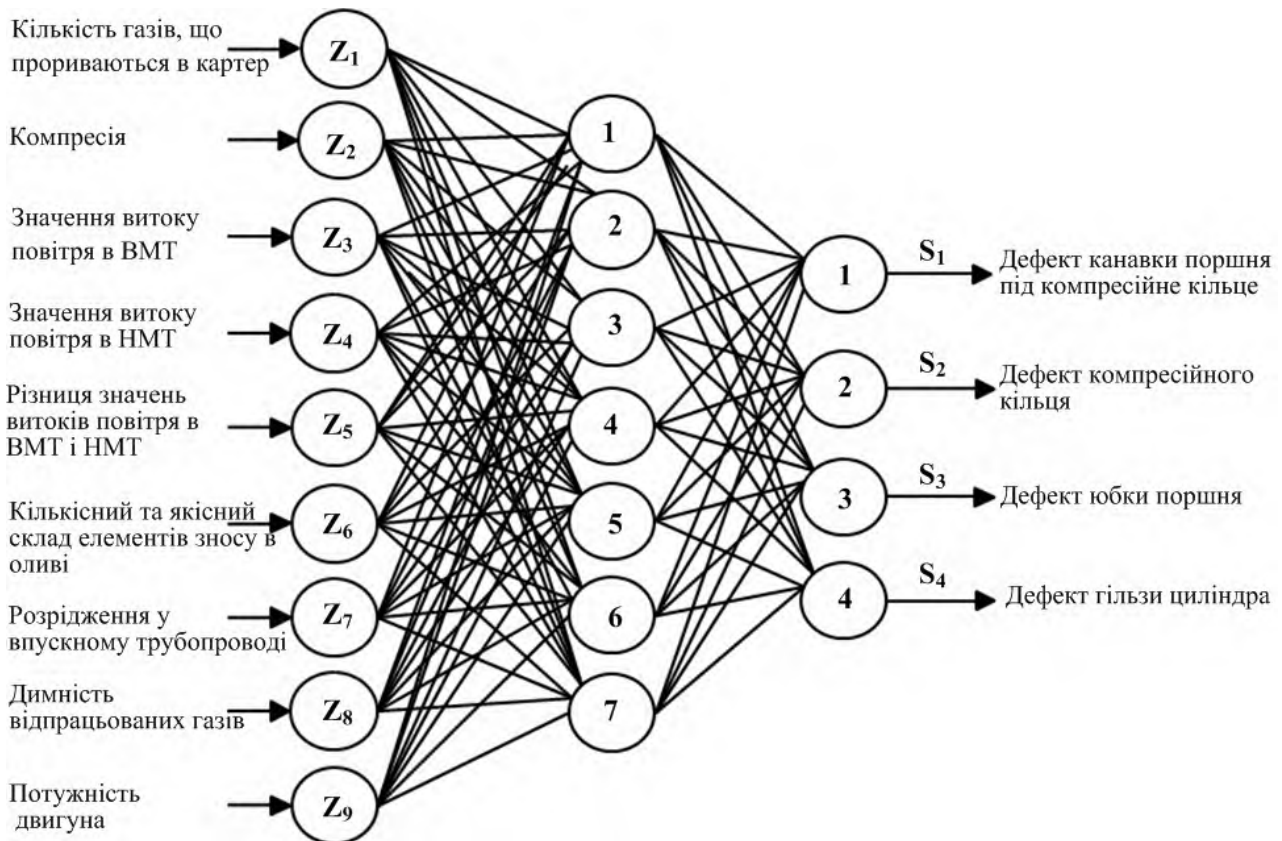
Рис. 7. Графік збіжності значень максимальної помилки розпізнавання дефектів ГРМ при навчанні і тестуванні ШНМ.

Таблиця 5. Результати визначення оптимального числа нейронів в прихованому шарі для завдання виявлення поєднань дефектів.

Найменування вузла	N_x	N_y	Обсяг навчальної вибірки	Максимальна кількість нейронів в прихованому шарі	Оптимальна кількість нейронів в прихованому шарі
ЦПГ	9	4	36	22	7
КШМ	4	4	16	23	5
ГРМ	6	6	36	46	7

Таблиця 6. Матриця поєднань дефектів для основних вузлів об'єкта досліджень.

№ двигуна	Поєднання дефектів													
	ЦПГ				КШМ				ГРМ					
1	S1,1	S1,2	S1,3	S1,4	S1,5	S1,6	S1,7	S1,8	S1,9	S1,10	S1,11	S1,12	S1,13	S1,14
2	S2,1	S2,2	S2,3	S2,4	S2,5	S2,6	S2,7	S2,8	S2,9	S2,10	S2,11	S2,12	S2,13	S2,14
3	S3,1	S3,2	S3,3	S3,4	S3,5	S3,6	S3,7	S3,8	S3,9	S3,10	S3,11	S3,12	S3,13	S3,14
...
N	SN,1	SN,2	SN,3	SN,4	SN,5	SN,6	SN,7	SN,8	SN,9	SN,10	SN,11	SN,12	SN,13	SN,14

**Рис. 8.** Граф-модель ШНМ для задачі розпізнавання дефектів ЦПГ.

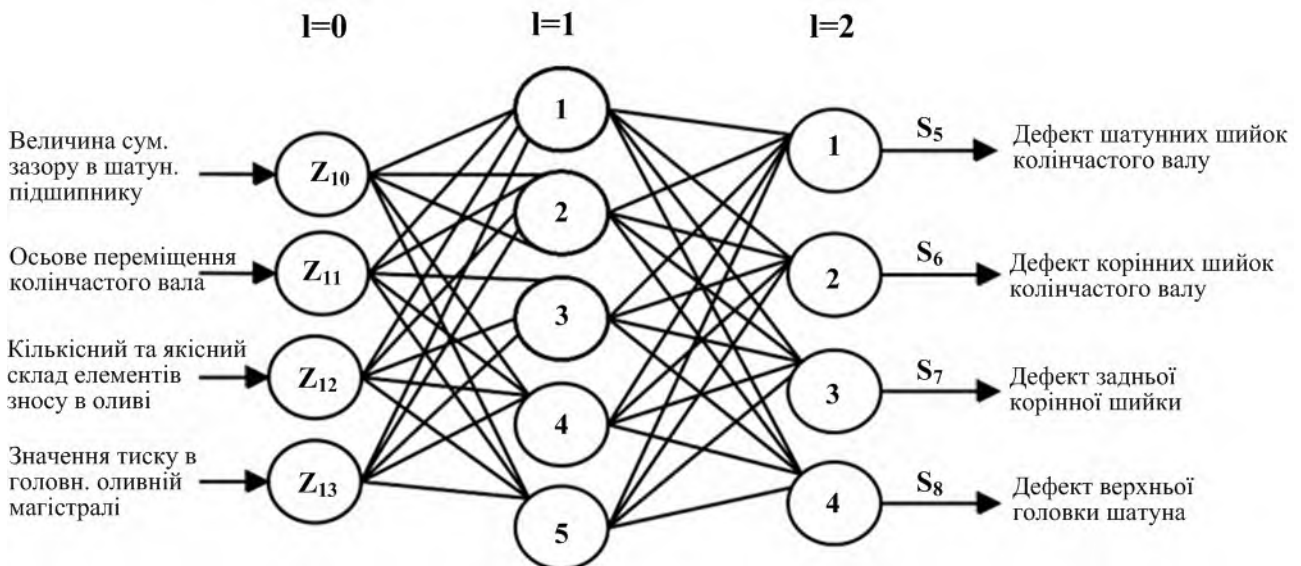


Рис. 9. Граф-модель ШНМ для задачі розпізнавання дефектів КШМ.

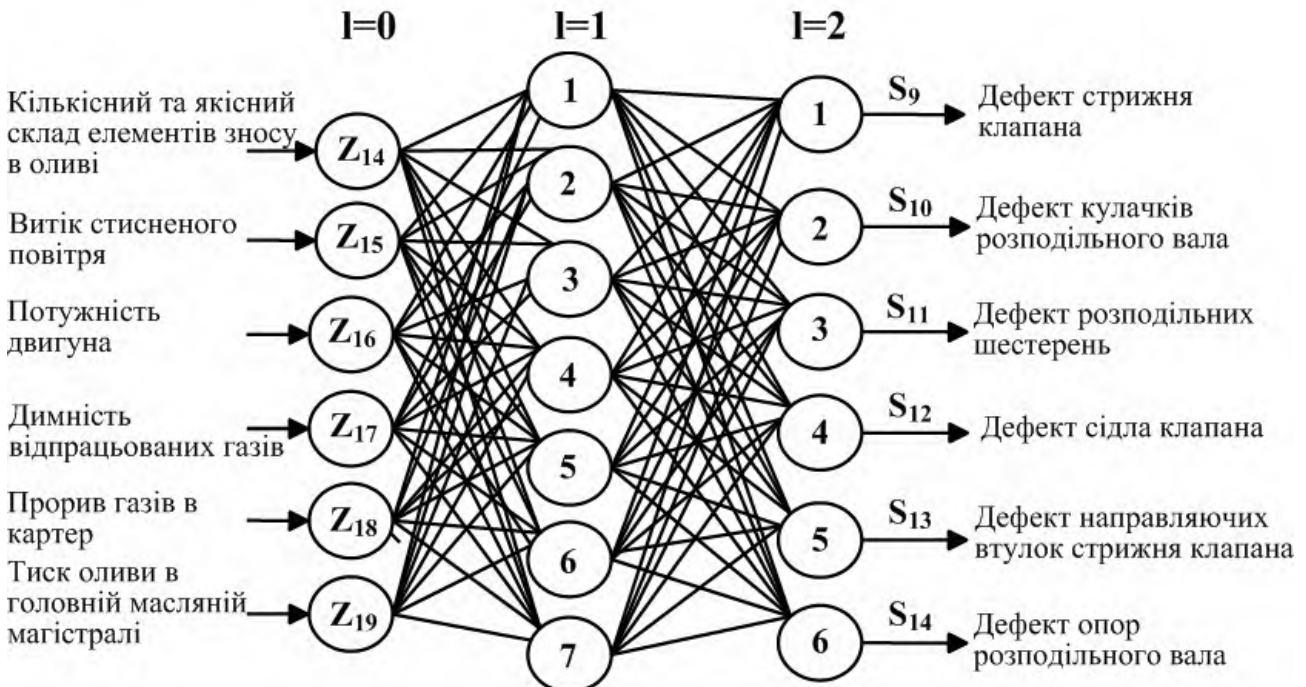


Рис. 10. Граф-модель отриманої ШНМ для задачі розпізнавання дефектів ГРМ.

На рис. 6, 8, 10, де представлені графіки збіжності значень максимальної помилки при розпізнаванні дефектів, наочно показано, що умова цільової функції $\varepsilon \rightarrow \min$ виконується при $L=7$ для ЦПГ; для КШМ при $L=5$; для ГРМ при $L=7$.

Отримані результати представлені у зведеній таблиці 5, де число нейронів вхідного шару (N_x) дорівнює кількості контрольованих параметрів, а число нейронів вихідного шару (N_y) – кількості можливих дефектів.

Отримання поєднання виявлених дефектів двигунів використовувалися в якості тестового набору даних при вирішенні наступного завдання, розподіл агрегатів ремонтного фонду по КРР, згідно блок-схеми алгоритму на рис. 7, в рамках загальної методики досліджень.

Дані результати також представлені на рис. 11, рис. 12 і рис. 13 у вигляді побудованих граф-моделей штучних нейронних мереж.

Таким чином, отримані поєднання дефектів для основних ресурсних груп двигуна формують матрицю, загальний вигляд якої наведено в таблиці 6.

В результаті тестування побудованої моделі ШНМ на основі даних отриманих в реальних виробничих умовах, було сформовано 42 (за кількістю двигунів беруть участь в експериментальних дослідженнях) поєднання дефектів основних ресурсних груп (ЦПГ, КШМ, ГРМ), які були занесені в базу даних DB2.

Навчальний набір даних для поточного завдання було сформовано на основі вибіркового поєднань з РЦПГ, РКШМ, РГРМ, яким був призначений певний технологічний маршрут, ґрунтуючись на висновках

про оптимальність числа і складу КРР, і згідно з критерієм розподілу по КРР. Обсяг навчальної вибірки був складений виходячи з гіпотези.

Кожен можливий дефект, з сукупності дефектів всіх основних вузлів об'єкта досліджень, буде окремим нейроном вхідного шару штучної нейронної мережі.

Таблиця 7. Значення помилок при розподілі двигунів по технологічних маршрутах в залежності від розпізнаних поєднань дефектів основних вузлів.

L	Розпізнавання навчальних прикладів,%	Значення максимальної помилки при навчанні	Розпізнавання тестових прикладів,%	Значення максимальної помилки при тестуванні
2	46	0,093	0	0,3889
3	63	0,052	12	0,2152
4	87	0,026	44	0,0925
5	95	0,014	66	0,0681
6	100	0,000	85	0,0398
7	100	0,000	100	0,0238
8	100	0,000	100	0,0144
9	100	0,000	100	0,0056
10	100	0,000	100	0,0091
11	100	0,000	100	0,017
12	100	0,000	100	0,026

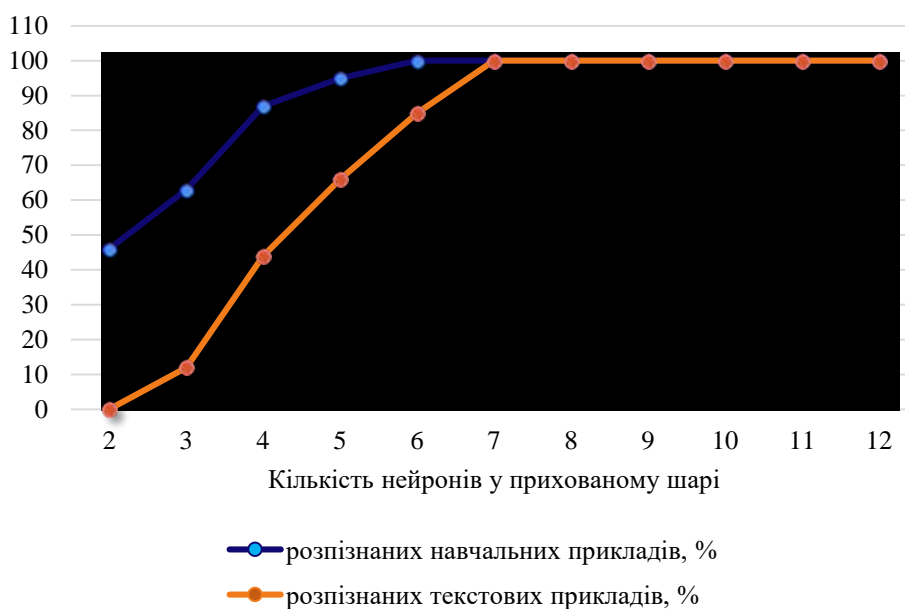


Рис. 11. Графік збіжності розпізнаних дефектів двигунів по КРР при навчанні і тестуванні ШНМ.

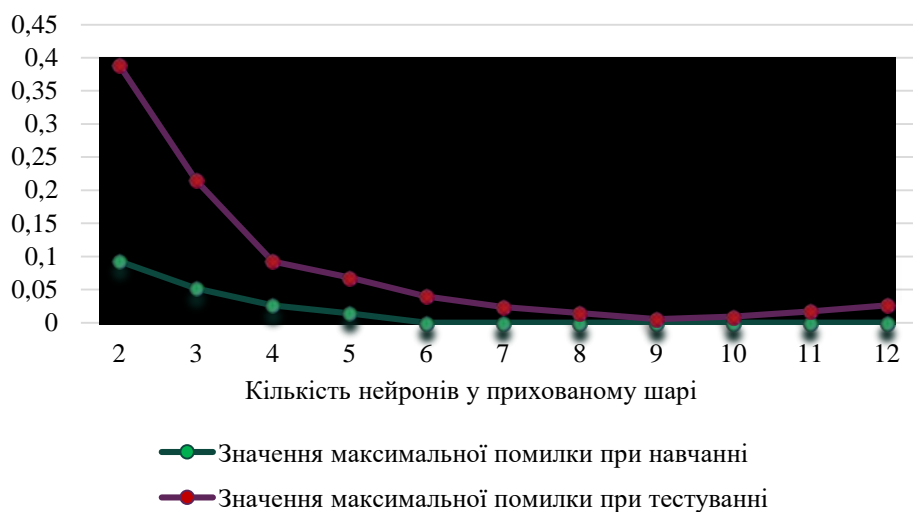


Рис. 12. Графік збіжності значень максимальної помилки при розподілі двигунів по КРР при навчанні і тестуванні ШНМ.

Кожен нейрон вихідного шару буде відповідати певному КРР, яким будуть привласнені сигнали 0 або 1 відповідно, в залежності від виявленої приналежності поєднань дефектів до того чи іншого КРР.

Отримані результати роботи алгоритму розподілу агрегатів ремонтного фонду по КРР в залежності від розпізнаних поєднань дефектів основних вузлів представлені в таблиці 7, а також у вигляді графіків на рис. 11, рис. 12.

Таблиця 8 містить результати визначення оптимальної кількості нейронів в прихованому шарі для даного завдання, виявлені методом ітераційного нарощування числа нейронів згідно з алгоритмом на рис. 7.

Отримані результати також представлені на рис. 13 у вигляді побудованої граф-моделі штучної нейронної мережі.

У таблиці 3.8 кількість нейронів вхідного шару (N_x) дорівнює числу дефектів (згідно з таблицею 1), що утворюють поєднання, всіх вузлів об'єкта досліджень, а число нейронів вихідного шару (N_y) – кількості комплексів ремонтних робіт, між якими будуть розподілятися агрегати ремонтного фонду в залежності від виявлених сполучень дефектів.

Таким чином, за результатами тестування побудованої моделі ШНМ для вирішення поточної задачі, всі агрегати (на прикладі двигунів) були успішно розподілені по технологічних маршрутах ремонту, в залежності від розпізнаних поєднань дефектів.

Тестові набори були сформовані на основі отриманих експериментальним шляхом (в реальних виробничих умовах на етапі передремонтного діагностування двигунів) значень даних параметрів.

Таблиця 8. Результати визначення оптимального числа нейронів в прихованому шарі для завдання розподілу двигунів по КРР.

Найменування вузла	N_x	N_y	Обсяг навчальної вибірки	Максимальна кількість нейронів в прихованому шарі	Оптимальна кількість нейронів в прихованому шарі
Сукупність вузлів (ЦПГ, КШМ, ГРМ)	14	4	56	21	9

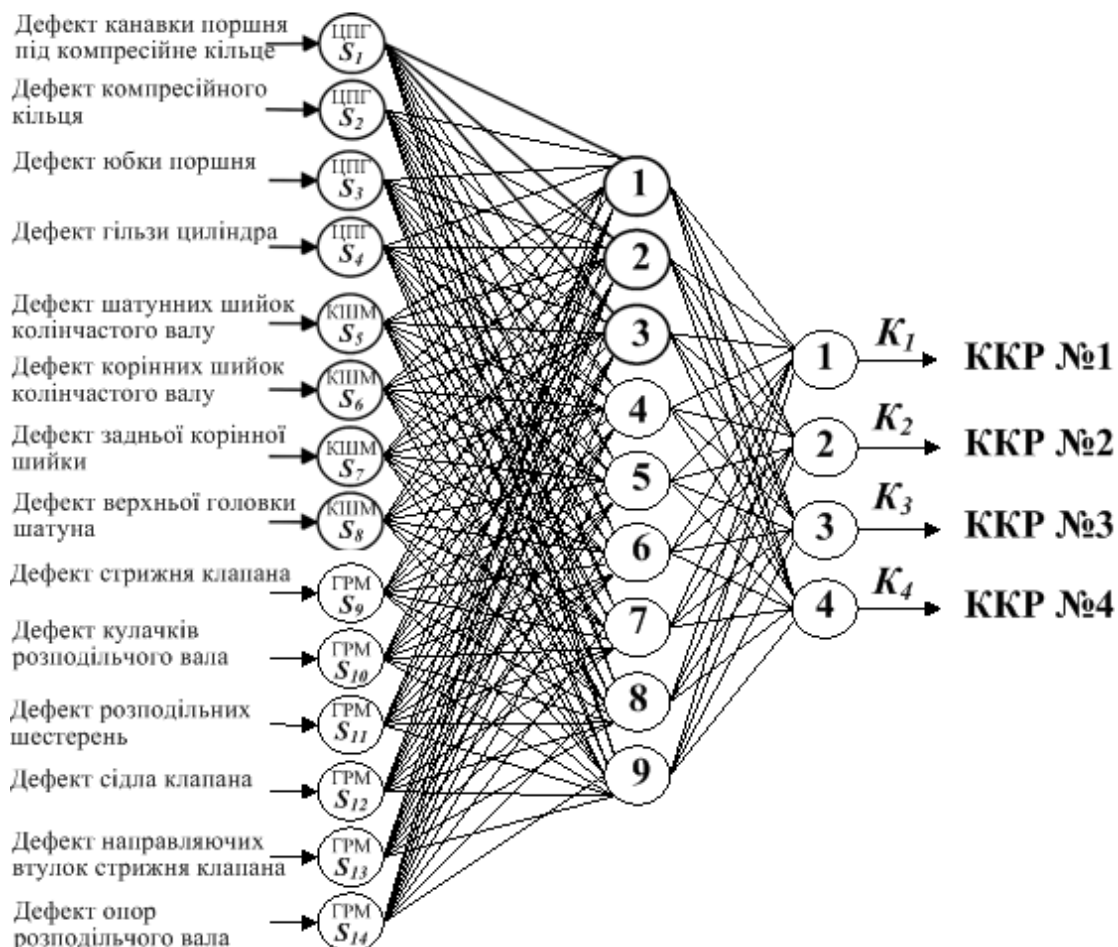


Рис. 3.13. Граф-модель ШНМ для завдання розподілу агрегатів по КРР.

Для розглянутих вузлів двигуна процентне значення тестового набору більше 50% від загального числа прикладів, що є більш ніж достатнім (розмір тестової вибірки зазвичай приймається рівним 10...25% від загального числа прикладів) для перевірки адекватності побудованої моделі та якості навчання.

Отримані результати роботи алгоритму розпізнавання сполучень дефектів для кожного вузла двигуна методом ітераційного нарощування числа нейронів в прихованому шарі наведені в таблицях 2, 3 і 4, де L – число нейронів в прихованому шарі, а також представлені у вигляді графіків на рис. 2 – рис. 6.

Висновки

1. Побудову структурно-слідчих моделей взаємозв'язків контрольованих параметрів для основних ресурсних груп двигуна зернозбирального комбайна здійснювалася на основі його конструкторської документації та інформації про функціонування його окремих механізмів і підсистем. Розроблені ССМ дозволили оцінити його технічний стан на етапах передремонтного діагностування і операційного контролю (передремонтне діагностування) при проведенні експериментальних досліджень.

2. Із залученням апарату регресійної-кореляційного аналізу і методів перевірки статистичних гіпотез сформована раціональна сукупність діагностичних параметрів для ефективної оцінки технічного стану об'єкта дослідження.

3. Із графіків збіжності розпізнаних дефектів і графіка збіжності розподілу ремонтного фонду по КРР видно, що всі приклади з навчальних і тестових вибірок були повністю розпізнані, що говорить про адекватність побудованих моделей ШНМ, а також про вірність висунутої гіпотези щодо необхідного обсягу навчальної вибірки.

4. На графіках збіжності максимальної помилки при навчанні та тестуванні чітко виділяється оптимум цільової функції $\varepsilon \rightarrow \min$. Подальше підвищення функції помилки ε каже про перевантаженість структури ШНМ зайвою кількістю нейронів в прихованому шарі.

5. Обраний програмний продукт Deductor Studio Academic 5.2 дозволив побудувати моделі ШНМ в рамках обробки експериментальних даних, однак дане програмне забезпечення (ПЗ) не здатне повністю охопити розроблену методику, яка представлена на рис. 6 і рис. 7, що говорить про необхідність розробки оригінального програмного забезпечення, яке буде базою для організації автоматизованого робочого місця (АРМ) оператора-діагноста.

Список літератури

1. *Калініченко Д. Ю., Роговський І. Л.* Аналітичні положення визначення коефіцієнта динамічності параметрів технічного стану зернозбиральних комбайнів. Техніко-технологічні аспекти розвитку та

випробування нової техніки, технологій для сільського господарства України. Дослідницьке. 2017. Вип. 21 (35). С. 55–61.

2. *Калініченко Д. Ю., Роговський І. Л.* Аналіз систем і стратегій технічного обслуговування зернозбиральних комбайнів та їх складових частин. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2017. Вип. 258. С. 380–390.

3. *Калініченко Д. Ю., Роговський І. Л.* Штучні когнітивні системи в процесах технічного обслуговування зернозбиральних комбайнів. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2017. Вип. 262. С. 353–361.

4. *Калініченко Д. Ю., Роговський І. Л.* Математичний апарат опису маршруту технічного обслуговування зернозбиральних комбайнів з урахуванням виявлення комбінацій відмов. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2017. Вип. 275. С. 337–346.

5. *Kalinichenko Dmytro, Rogovskii Ivan.* Decision for technical maintenance of combine harvesters in system of RCM. MOTROL. Lublin. 2017. Vol. 19. No 3. P. 179–184.

6. *Kalinichenko Dmytro, Rogovskii Ivan.* Modeling technology in centralized technical maintenance of combine harvesters. ТЕКА. 2017. Lublin–Rzeszów. Vol. 17. No 3. P. 103–114.

7. *Войтюк В. Д., Рубльов В. І., Роговський І. Л.* Системні принципи забезпечення якості технічного сервісу сільськогосподарської техніки: монографія. Київ. НУБіП України. 2016. 360 с.

8. *Роговський І. Л.* Відновлення працездатності складальних одиниць сільськогосподарської машини. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Харків. 2015. Вип. 159. С. 224–232.

9. *Роговський Іван.* Стохастические модели обеспечения работоспособности сельскохозяйственных машин. Motrol: Motorization and power industry in agriculture. 2014. Tom 16. №3. P. 296–302.

10. *Rogovskii I. L.* Conceptual framework of management system of failures of agricultural machinery. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2017. Вип. 262. С. 403–411.

11. *Kalinichenko Dmytro, Rogovskii Ivan.* Method for Determining Time of next Maintenance of Combine Harvesters. ТЕКА. An International Quarterly Journal on Motorization, Vehicle Operation, Energy Efficiency and Mechanical Engineering. 2018. Lublin–Rzeszów. Vol. 18. No 1. P. 105–115.

12. *Калініченко Д. Ю., Роговський І. Л.* Загальні положення структурної схеми АРМ оператора-діагноста зернозбирального комбайна. Machinery & Energetics. Kyiv. 2018, Vol. 9, No 3. С. 155–160.

References

1. Kalinichenko D. Yu., Rogovskii, I. L. (2017). Analytical position determination of the coefficient of dynamic parameters of the technical condition of combine harvesters. Technical and technological aspects of the development and testing of new equipment and technologies for agriculture of Ukraine. Doslidnitske. Vol. 21 (35). 55-61.
2. Kalinichenko D. Yu., Rogovskii, I. L. (2017). Systems analysis and strategies for technical maintenance of combine harvesters and their parts. Scientific Herald of National University of Life and Environmental Science of Ukraine. Series: Technique and energy of APK. Kyiv. Vol. 258. 380-390.
3. Kalinichenko D. Yu., Rogovskii, I. L. (2017). Artificial cognitive systems in the processes of technical maintenance of combine harvesters. Scientific Herald of National University of Life and Environmental Science of Ukraine. Series: Technique and energy of APK. Kyiv. Vol. 262. 353-361.
4. Kalinichenko D. Yu., Rogovskii, I. L. (2017). Mathematical apparatus of the description of the route maintenance of combine harvesters in accordance with the detection of combinations of failures. Scientific Herald of National University of Life and Environmental Science of Ukraine. Series: Technique and energy of APK. Kiev. Vol. 275. 337-346.
5. Kalinichenko Dmytro, Rogovskii Ivan. (2017). Decision for technical maintenance of combine harvesters in system of RCM. MOTROL. Lublin. Vol. 19. No 3. 179-184.
6. Kalinichenko Dmytro, Rogovskii Ivan. (2017). Modeling technology in centralized technical maintenance of combine harvesters. TEKA. Lublin–Rzeszów. Vol. 17. No 3. 103-114.
7. Voytyuk, V. D., Rublyov, V. I., Rogovskii, I. L. (2016). System guidelines for quality assurance of technical service of agricultural machinery. Kiev. NULESU. 360.
8. Rogovskii, I. L. (2015). Recovery Assembly units of agricultural machines. Bulletin of Kharkov National Technical University of Agriculture named Peter Vasilenko. Kharkov. Vol. 159. 224-232.
9. Rogovskii Ivan. (2014). Stochastic models ensure efficiency of agricultural machinery. Motrol: Motorization and power industry in agriculture. Tom 16. № 3. 296-302.
10. Rogovskii, I. L. (2017). Conceptual framework of management system of failures of agricultural machinery. Scientific Herald of National University of Life and Environmental Science of Ukraine. Series: Technique and energy of APK. Kiev. Vol. 262. 403-411.
11. Kalinichenko Dmytro, Rogovskii Ivan. (2018). Method for Determining Time of next Maintenance of Combine Harvesters. TEKA. An International Quarterly Journal on Motorization, Vehicle Operation, Energy Efficiency and Mechanical Engineering. Lublin–Rzeszów. Vol. 18. No 1. 105-115.
12. Kalinichenko D. Yu., Rogovskii, I. L. (2018). General provisions structural diagram of awp operator-diagnostics combine harvester. Machinery & Energetics. Kyiv. Vol. 9, No 3. 155-160.

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ РАСПОЗНАВАНИЯ
СОЧЕТАНИЙ ДЕФЕКТОВ АГРЕГАТОВ
ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА НА ОСНОВЕ
ИНС

Д. Ю. Калініченко, І. Л. Роговський

Аннотация. В основе технического обслуживания зерноуборочных комбайнов за техническим состоянием лежит технический контроль, с помощью которого проводят непрерывный или периодический контроль параметров технического состояния, характеризующих текущее фактическое состояние узлов, механизмов или агрегатов. Прогнозирование выполняют при непрерывном контроле для определения наработки, в течение которого сохранится работоспособное состояние, а при периодическом контроле – для определения момента времени следующего контроля.

Процесс технического контроля неисправностей состоит из обнаружения и локализации дефектов в системе зерноуборочных комбайнов. По мере усложнения технических систем зерноуборочных комбайнов и рост требований к безопасности, надежности и экологичности, технический контроль неисправностей становится все более значимой процедурой. Одним из примеров является система технического обслуживания зерноуборочных комбайнов, где требуется высокая надежность и работоспособность, низкий уровень выбросов, кроме того, технический контроль способствует повышению эффективности технического обслуживания зерноуборочных комбайнов.

Ключевые слова: анализ, система, стратегия, техническое обслуживание, зерноуборочный комбайн.

SOLUTION TO PROBLEM OF RECOGNITION
OF COMBINATIONS OF DEFECT AGGREGATES
COMBINE HARVESTER ON BASIS OF INS

Kalinichenko D. Yu., Rogovskii I. L.

Abstract. The basis of the technical maintenance of combine harvesters for the technical condition is technical control, through which conduct continuous or periodic monitoring of the parameters of the technical condition characterizing the actual state of units, mechanisms or agregatu. Forecasting is performed by continuous monitoring to determine the developments during which you will remain healthy state and under periodic monitoring to determine the time of the next control.

The process of technical control of faults consists of detection and location of defects in the system of combine harvesters. As the complexity of technical systems of combine harvesters and the growth requirements of safety, reliability and sustainability, technical fault monitoring is becoming increasingly important procedure. One example is the system of technical maintenance of combine harvesters, which require high reliability and performance, low emissions, in addition, the technical control helps to improve the effectiveness of the technical maintenance of combine harvesters.

Key words: analysis, system, strategy, technical maintenance, combine harvester.