

ISSN 2663-1334 (print)
ISSN 2663-1342 (online)

DOI: 10.31548/machenergy.2019.01.208

Machinery & Energetics

Journal of Rural Production Research

since 2010 till 2018

[Scientific Herald of National University of Life and Environmental Science
of Ukraine. Series: Technique and Energy of APK.
ISSN 2222-8594 (print). ISSN 2415-7694 (online)]

Vol. 10

№ 1

Kyiv – 2019

Editor-in-Chief

Prof., DS, Stanislav Nikolajenko, National University of Life and Environmental Science of Ukraine in Kiev, Ukraine

Vice-Editor

Prof. Ildus Ibatullin, National University of Life and Environmental Science of Ukraine in Kiev, Ukraine

Prof. Valeriy Voytiuk, National University of Life and Environmental Science of Ukraine in Kiev, Ukraine

Prof. Volodymyr Kozyrskii, National University of Life and Environmental Science of Ukraine in Kiev, Ukraine

Assistants Editor

PhD Viktoriya Kyrlyuk, National University of Life and Environmental Science of Ukraine in Kiev, Ukraine

PhD Ivan Rogovskii, National University of Life and Environmental Science of Ukraine in Kiev, Ukraine

PhD Oleksandr Synyavskiy, National University of Life and Environmental Science of Ukraine in Kiev, Ukraine

Editorial Board

Prof. Andrey Tevyashev, Kharkov National University of Radio Electronics, Ukraine

Prof. Andriy Boyko, National University of Life and Environmental Science of Ukraine in Kiev, Ukraine

Prof. Andrzej Marczuk, University of Life Sciences in Lublin, Poland

Prof. Dainis Viesturs, Latvia University of Agriculture, Latvia

Prof. Dmytro Voytiuk, National University of Life and Environmental Science of Ukraine in Kiev, Ukraine

Prof. Gennadiy Golub, National University of Life and Environmental Science of Ukraine in Kiev, Ukraine

Prof. Georgiy Tayanowski, University of Agriculture in Minsk, Belarus

Prof. Henryk Sobczuk, Polish Academy of Sciences, Poland

Prof. Janusz Wojdalski, Warsaw University of Life, Poland

Prof. Leonid Aniskevych, National University of Life and Environmental Science of Ukraine in Kiev, Ukraine

Prof. Yevgen Aftandilyants, National University of Life and Environmental Science of Ukraine in Kiev, Ukraine

Prof. Larysa Bal-Prylypko, National University of Life and Environmental Science of Ukraine in Kiev, Ukraine

Prof. Ludvikas Spokas, Agrarian University in Kaunas, Lithuania

Prof. Petro Yevyeh, Czech University of Life Sciences Prague, Czech Republic

Prof. Ondrej Savec, Czech University of Life Sciences Prague, Czech Republic

Prof. Vjacheslav Shebanin, Mykolayiv National Agrarian University, Ukraine

Prof. Povilas A. Sirvydas, Agrarian University in Kaunas, Lithuania

Prof. Stanislaw Sosnowski, University of Engineering and Economics in Rzeszów, Poland

Prof. Tadeusz Zloto, Częstochowa University of Technology, Poland

Prof. Valery Adamchuk, National Scientific Centre «Institute of Mechanization and Electrification of Agriculture» in Kiev, Ukraine

Prof. Vitaliy Lysenko, National University of Life and Environmental Science of Ukraine in Kiev, Ukraine

Prof. Volodymyr Boyko, National University of Life and Environmental Science of Ukraine in Kiev, Ukraine

Prof. Volodymyr Bulgakov, National University of Life and Environmental Science of Ukraine in Kiev, Ukraine

Prof. Volodymyr Gorobets, National University of Life and Environmental Science of Ukraine in Kiev, Ukraine

Prof. Volodymyr Gorobet, National Agrarian University of Moldova, Moldova Republic

Prof. Volodymyr Kravchuk, State Scientific Organization „Leonid Pogorilyy Ukrainian Scientific Research Institute of Forecasting and Testing of Machinery and Technologies for Agricultural Production”, Ukraine

Prof. Vyatcheslav Adamchuk, University McGill, Canada

Prof. Vyatcheslav Loveykin, National University of Life and Environmental Science of Ukraine in Kiev, Ukraine

Prof. Waclaw Romaniuk, Institute of Technology and Life Sciences Branch in Warsaw, Poland

Prof. Wojciech Tanaś, University of Life Sciences in Lublin, Poland

All the articles are available on the webpage: www.journals.nubip.edu.ua/index.php/Tekhnica

All the scientific articles received positive evaluations by independent reviewers

Linguistic consultant: *Ivan Rogovskii*

Typeset: *Ivan Rogovskii*

Cover design: *Lyudmila Titova*

Photo on the cover: *Ivan Rogovskii*

© Copyright by National University of Life and Environmental Science of Ukraine, 2018

Editorial Office address

National University of Life and Environmental Science of Ukraine

Str. Heroiv Oborony, 15, Kyiv, Ukraine, 03041

e-mail: rogovskii@nubip.edu.ua

Printing

AgroMediaGroup, Novokonstantinovska Str. 4a, 04-080 Kyiv, Ukraine

Publishing Office address

AgroMediaGroup, Novokonstantinovska Str. 4a, 04-080 Kyiv, Ukraine

ISSN 2663-1334 (print)

ISSN 2663-1342 (online)

Edition 100+16 vol.

ISSN 2663-1334 (print)
ISSN 2663-1342 (online)

DOI: 10.31548/machenergy.2019.01.208

Техніка та енергетика

*Журнал наукових досліджень
сільськогосподарського виробництва*

з 2010 року до 2018 року

[Науковий вісник Національного університету біоресурсів і
природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК
ISSN 2222-8594 (print). ISSN 2415-7694 (online)]

Випуск 10

№ 1

Київ – 2019

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv, Ukraine. Редкол. : С. М. Ніколаєнко (відп. ред.) та ін. Київ. 2019. Вип. 10. № 1. 208 с.

Висвітлено результати наукових досліджень, проведених працівниками Національного університету біоресурсів і природокористування України і в співпраці із закордонними науковцями, працівниками навчальних закладів Міністерства освіти і науки України та науково-дослідних інститутів НАН України, НААН України і Міністерства аграрної політики та продовольства України.

Редакційна колегія: С. М. Ніколаєнко, д-р пед. наук, проф. (відповідальний редактор); І. І. Ібатуллін, д-р с.-г. наук, проф.; В. Д. Войтюк, д-р техн. наук, проф.; В. В. Козирський, д-р техн. наук, проф. (заступники відповідального редактора); В. І. Кирилюк, канд. с.-г. наук, (відповідальний секретар); І. Л. Роговський, канд. техн. наук, старший наук. співр., О. Ю. Синявський, канд. техн. наук, доц. (заступники відповідального секретаря); В. В. Адамчук, д-р техн. наук, проф.; Л. В. Аніскевич, д-р техн. наук, проф.; Є. Г. Афтандіянц, д-р техн. наук, проф.; Л. В. Баль-Прилипко, д-р техн. наук, проф.; А. В. Бойко, д-р техн. наук, старший наук. співр.; В. М. Булгаков, д-р техн. наук, проф.; Д. Г. Войтюк, канд. техн. наук, проф.; Г. А. Голуб, д-р техн. наук, проф.; В. Г. Горобець, д-р техн. наук, старший наук. співр.; М. В. Гребченко, д-р техн. наук, проф.; П. Євич, д-р техн. наук, проф.; А. В. Жильцов, д-р техн. наук, доц.; В. В. Каплун, д-р техн. наук, проф.; В. В. Коваль, д-р техн. наук, проф.; І. П. Кондратенко, д-р техн. наук, проф.; О. Б. Коршунов, канд. техн. наук, доц.; В. І. Кравчук, д-р техн. наук, проф.; В. Романюк, д-р техн. наук, проф.; В. П. Лисенко, д-р техн. наук, проф.; В. С. Ловейкін, д-р техн. наук, проф.; К. Г. Лопатько, д-р техн. наук, доц.; С. Марек, д-р техн. наук, проф.; І. І. Назаренко, д-р техн. наук, проф.; В. М. Несвідомін, д-р техн. наук, проф.; Т. Павловські, д-р техн. наук, проф.; С. Ф. Пилипака, д-р техн. наук, проф.; В. Г. Самосюк, д-р техн. наук, проф.; Г. Собчук, д-р техн. наук, проф.; О. Б. Таширев, д-р техн. наук, проф.; В. В. Теслюк, д-р с.-г. наук, проф.; С. Г. Фришев, д-р техн. наук, проф.; В. В. Харченко, д-р техн. наук, проф.; А. Хоховські, проф.; С. П. Циганков, д-р техн. наук, старший наук. співр.; С. А. Шворов, д-р техн. наук, проф.; Ю. Яцкевич, д-р техн. наук, проф.

Рекомендовано до друку Вченою радою НУБіП України, протокол № 7 від 22 травня 2019 р.

Науковий журнал «Machinery & Energetics» є правонаступником наукового видання «Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК», який згідно з наказами Міністерства освіти і науки України від 13 липня 2015 р. № 747 та від 07 травня 2019 р. № 612 внесений до переліку наукових друкованих фахових видань України, в яких можуть бути опубліковані результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступеней доктора і кандидата технічних наук.

Науковий журнал «Machinery & Energetics» внесено до бібліографічної бази даних наукових публікацій внесено до бібліографічних баз даних наукових публікацій CrossRef, РИНЦ, Ulrich's Periodicals Directory, USJ, BASE, SIS, AGRIS, індексується Google Scholar, RePEc, ResearchBib, MIAR.

Відповідальний за випуск І. Л. Роговський.

Адреса редколегії: 03041, Київ-41, вул. Героїв оборони, 15,
Національний університет біоресурсів
і природокористування України, тел. 527-82-41

© Національний університет біоресурсів і
природокористування України, 2019

УДК 621.81

СТАТИСТИЧНА МОДЕЛЬ НАДІЙНОСТІ КУЛЬТИВАТОРІВ З КОЛИВАЛЬНИМ РУХОМ РОБОЧИХ ОРГАНІВ

О. І. Алфьоров

Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка, Україна.

Кореспонденція автора: *alfogor@i.ua*.

Історія статті: отримано – грудень 2018, акцептовано – травень 2019.

Бібл. 16, рис. 2, табл. 1.

Анотація. Виконано репрезентативний статистичний аналіз експлуатаційної інформації щодо надійності ґрунтообробних агрегатів, які мають коливальний рух робочих органів. Розглянуто результати роботи в умовах експлуатації тринадцяти культиваторів із сумарним наробітком понад 280 тис. га. Експлуатаційні дослідження проводились в 7 областях України та характеризували різноманітні ґрунтово-кліматичні умови: механічні властивості ґрунту, щільність, вологість. Встановлено виникнення раптових відмов внаслідок зламу пружних стійок робочих органів культиваторів. Зафіксовано 42 раптові відмови серед 260 стійок, що випробовувались.

Використовуючи методику статистичного аналізу надійності, що відповідає СОУ 74.3-37-04604309-904 було визначено імовірність безвідмовної роботи пружної стійки культиватора та зміну цього показника в залежності від наробітку агрегату. Встановлено, що статистична модель надійності відповідає теоретичній моделі квазістатичного руйнування послідовних систем.

Визначено гамма-відсотковий наробіток стійки до раптової відмови при різноманітних значеннях гамма. Запропоновано два можливі напрямки робіт, що повинні привести до покращення якості пружних стійок культиваторів з коливальним рухом робочих органів. Вказано на достатність отриманих даних для застосування концепції інверсійного методу, що поєднує теоретичні моделі надійності з конкретними показниками статистичної моделі, які отримані в залежності від наробітку пружних стійок для забезпечення керованості результатів покращення їх якості.

Ключові слова: надійність, культиватор, пружна стійка, статистичний аналіз, статистична модель надійності.

Постановка проблеми

Обстеження культиваторів, які виконують передпосівний та загальний обробіток ґрунту стрілочастими лапами, показує, що вони здебільшого закріплені до рами культиватора за допомогою S-образних або C-образних пружних стійок. Такі стійки, деформуючись, призводять до автоколивального руху

робочих органів, що у порівнянні з жорстким закріпленням має суттєві переваги, підвищуючи якість обробки ґрунту за рахунок додаткової динамічності.

Аналіз останніх досліджень

Однак практика використання культиваторів у виробничих умовах виявила і негативні наслідки збільшення динамічності робочих органів [1]. Насамперед підвищена гнучкість стійок, яка є необхідною умовою виникнення стаціонарних автоколивань з достатньо великою амплітудою, призводить іноді до раптових руйнувань стійок, обумовлених випадково виникаючими ущільненнями ґрунту або засміченістю ділянки, що обробляти [2]. Окрім цього підвищена динамічна навантаженість призводить до передчасної втрати зусиль затягу болтових кріплень стійок до рами культиватора, що є поступовим пошкодженням [3].

Таким чином актуальним є комплекс проблем механічної надійності культиваторів з коливальним рухом робочих органів. Його успішне вирішення пов'язане з раціональним визначенням коефіцієнту запасу міцності пружних стійок агрегату [4]. Коефіцієнт запасу стійки повинен одночасно задовольняти протирічливим вимогам: забезпечувати міцність стійки і створювати необхідну гнучкість, яка призводить до якісної обробки ґрунту за допомогою коливального руху робочих органів [5].

Мета досліджень

Метою роботи є статистичний аналіз і побудова моделі надійності культиваторів з пружними стійками в експлуатаційних умовах.

Результати досліджень

Аналіз надійності у реальних експлуатаційних умовах дозволяє відокремити питання визначення показників, які пов'язані з раптовими відмовами від технологічної надійності агрегату, що визначається якістю обробки ґрунту. Виконувався збір

експлуатаційних даних щодо раптових відмов культиваторів з пружними С-образними стійками, на яких закріплені стрільчаті лапи. Експлуатаційні випробування за обсягом є статистично репрезентативними і проводились в 7 областях України (рис. 1), охоплюють різноманітні ґрунтово-кліматичні умови: механічні властивості ґрунту, щільність, вологість і таке ін. В усіх випадках руйнування стійок мав місце раптовий злам. Наробіток до раптових відмов фіксувався у гектарах обробленої площі.

Загалом спостереження за експлуатацією пружних стійок проводились на 13 культиваторах. Напрацювання агрегатів складало від однієї до сорока тисяч гектарів обробленої площі. Було зафіксовано 42 раптові відмови: злам стійок. За час спостережень сумарний наробіток культиваторів склав більш ніж 280 тис. га. Враховуючи кількість пружних стійок на кожному культиваторі обсягом випробувань слід вважати роботу 260 стійок до першої відмови або до призупинення випробувань, які утворюють багаторазово цензуровану за наробітком вибірку статистичних даних.

Методологією статистичного аналізу інформації щодо надійності є непараметричний метод аналізу [1,

2, 8, 11, 14] цензурованої вибірки, згрупованої по інтервалах, яка наведена у таблиці 1.

У межі кожного інтервалу наробітку потрапляла певна кількість стійок, що відмовили (були зруйновані) – n_0 , або випробування яких на момент аналізу були призупинені – $n_{пр}$, хоча руйнування не відбулось. Усі наробітки до відмови та до призупинення випробувань (без відмови) утворюють єдину загальну вибірку випадкових наробітків. Цю єдину вибірку наробітків до відмови та наробітків до призупинення випробувань, якщо відмова ще не відбулась, поділяють на однакові інтервали, починаючи з того першого інтервалу, де відмов нема. Емпірична функція розподілу F_c , яка побудована за допомогою цієї загальної нецензурованої вибірки, наведена у таблиці 1. Вибірка є повною і показує залежність, за якою оцінюється функція сумарної імовірності потрапляння відмов або призупинення випробувань у відповідний інтервал. Треба відзначити, що потрапляння в інтервал наробітку до призупинення випробувань визначалось по кожному з 13 культиваторів, в яких виникала перша відмова стійки. Кількість наробітків до призупинення випробувань $n_{пр}$ в інтервалі визначалась з урахуванням кількості одночасно працюючих стійок у агрегаті.

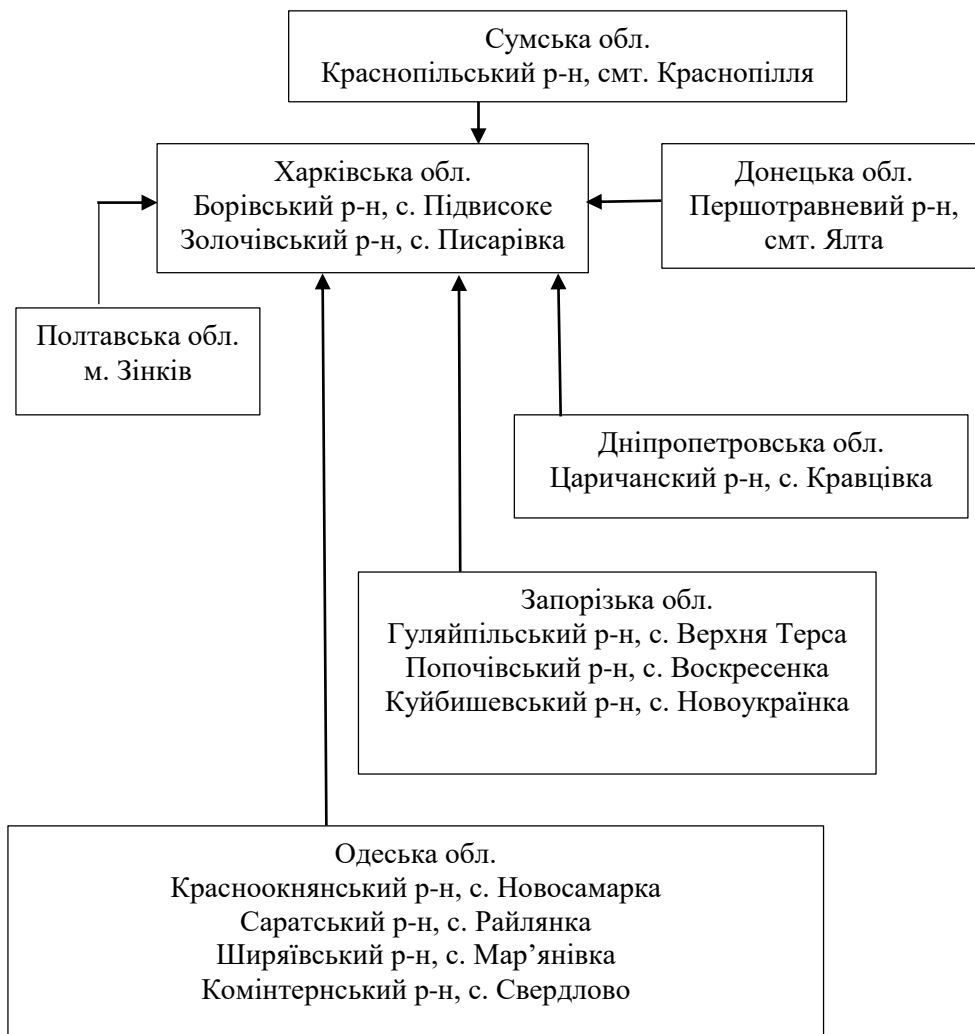


Рис. 1. Географічне розташування місць експлуатаційних випробувань культиваторів.
Fig. 1. Geographical location of places of testing of cultivators.

Таблиця 1. Статистичні дані та результати аналізу.

Table 1. Statistical data and results of analysis.

№ інт	Межі інтервалу, га	n _о	n _{пр}	F _c	N _{ci}	W _i	Θ _i	N _i	R _i
1	1000 ÷ 4000	13	38	0,19615	260	0,19615	0,5270	239,97	0,9458
2	4000 ÷ 7000	9	17	0,29615	209	0,12440	0,5166	200,22	0,9033
3	7000 ÷ 10000	9	69	0,59615	183	0,42623	0,5690	143,74	0,8467
4	10000 ÷ 13000	2	17	0,66923	105	0,18095	0,5249	96,08	0,8291
5	13000 ÷ 16000	3	16	0,74230	86	0,22090	0,5312	77,50	0,7970
6	16000 ÷ 19000	2	32	0,87307	52	0,65380	0,6296	46,85	0,7630
7	19000 ÷ 22000	0	0	0,87307	52	0	0	33,00	0,7630
8	22000 ÷ 25000	1	0	0,87692	51	0,0196	0,5025	32,00	0,7391
9	25000 ÷ 28000	2	16	0,94615	33	0,54545	0,5973	22,44	0,6733
10	28000 ÷ 31000	0	0	0,94615	33	0	0	14,00	0,6733
11	31000 ÷ 34000	1	13	1,000	19	-	-	-	-

Потім послідовно в кожному інтервалі визначають сумарну кількість стійок, які випробувались до цього інтервалу або обсяг цензурованої вибірки наробітків в *i*-му інтервалі:

$$N_{ci} = N - \sum_{k=1}^{i-1} (n_{ок} + n_{прк}), \quad (1)$$

де: *N* – загальний обсяг вибірки наробітків до відмови та до припинення випробувань. У розглядаємій вибірці *N* = 260.

Визначають значення відносної частоти *W_i* наробітків у кожному інтервалі:

$$W_i = \frac{n_{ок} + n_{прк}}{N_{ci}}. \quad (2)$$

Визначають частку враховувемих [3] в кожному інтервалі наробітків до призупинення випробувань:

$$\Theta_i = \begin{cases} \frac{1 - \sqrt{1 - W_i}}{W_i}, & \text{якщо } W_i > 0; \\ 0, & \text{якщо } W_i = 0. \end{cases} \quad (3)$$

Кількість стійок, які були умовно випробувані в кожному інтервалі групування вибірки, обраховувалась за формулою:

$$N_i = N_{ci} - \Theta_i \cdot n_{прi}; i = 1, 2, \dots, k. \quad (4)$$

Статистичне оцінювання імовірності безвідмовної роботи пружних стійок культиватору виконувалось за допомогою множникового [4, 9, 13] методу непараметричного оцінювання:

$$R_i = \prod_{k=1}^i \left(1 - \frac{n_{ок}}{N_k} \right). \quad (5)$$

Вихідні дані та результати статистичного аналізу надійності пружних стійок за раптовими відмовами наведені у таблиці 1. Аналіз згрупованої вибірки закінчується передостаннім інтервалом. Методика статистичного аналізу надійності відповідає галузевому стандарту Мінагрополітики України СОУ 74.3-37-04604309-904:2011 «Оцінювання показників надійності при скорочених ресурсних випробуваннях», що розроблений за участю автора публікуємої статті.

Статистичний аналіз вибірових даних щодо раптових відмов культиваторів показав (рис. 2), що функція зміни імовірності безвідмовної роботи

пружних стійок відносно раптових відмов має типовий вигляд. Це свідчить, що статистична модель надійності відповідає теоретичній моделі квазістатичного руйнування послідовних систем [5, 10]. Виконано статистичний аналіз і отримано відповідну модель зміни імовірності безвідмовної роботи пружної стійки культиватора в залежності від наробітку (рис. 2), яка є достатньо репрезентативною (260 стійок) і відображає рівень надійності за основним її показником.

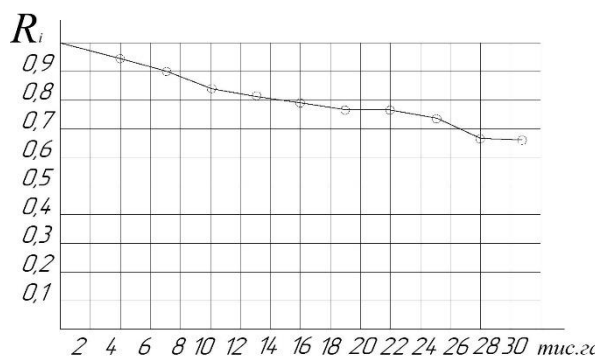


Рис. 2. Зміна імовірності безвідмовної роботи стійок в залежності від наробітку.

Fig. 2. Change in the probability of stands depending on developments.

Слід вказати, що оцінка проведена за раптовими відмовами (злам стійки) і вказує на гамма – відсотковий наробіток на відмову, який згідно з діючим стандартом [7] є наробітком, протягом якого відмова об’єкта не виникне з імовірністю *γ*, вираженою у відсотках. Графік на рис. 2 і дані, наведені у табл. 1 дозволяють, наприклад, визначити, що 90% гамма – відсотковий наробіток стійки до раптової відмови складає приблизно 7 тис. га, а 80 % стійок відпрацюють безвідмовно близько 16 тис. га оброблюємої площі. Враховуючи, що кожний злам стійки потребує не тільки її заміни, але і призводить до втрат робочого часу культиватора у сезон виконання необхідних польових робіт, слід вважати, що рівень конкурентоспроможності виробника пружних стійок не є достатнім, а їх якість потребує покращення.

Можливо вказати на два напрямки робіт, що повинні привести до покращення якості пружних стійок культиваторів з коливальним рухом робочих органів. Перший полягає у введенні в конструкцію пружних стійок належних обмежувачів пружних

переміщень. Ці обмежувачі мають на меті виключити можливість зламу стійок під дією сил, що призводять до раптового крихкого руйнування і одночасно не впливати на виникнення достатніх автоколивань робочих органів, які забезпечують якість робочого процесу рихлення ґрунту.

Наявність отриманої статистичної моделі надійності культиваторів з пружними стійками дозволяє реалізувати ще один напрямок покращення якості стійок. Цей напрямок полягає у використанні інверсійного методу керування надійністю [6, 12, 15, 16]. Реалізація цього методу можлива тоді, коли побудована репрезентативна статистична модель надійності, отримана в умовах експлуатації досліджуваного об'єкту. Побудова такої моделі дозволяє додатково використати теоретичну модель надійності у випадку раптових відмов [5, 10].

Висновки

1. Концепцією інверсійного методу є поєднання можливостей теоретичної моделі надійності, яка пристосована до прогнозування імовірності безвідмовної роботи, обумовленої раптовими відмовами з конкретними показниками статистичної моделі, які отримані в залежності від наробітку пружних стійок.

2. Ця концепція дозволяє розв'язати обернену інверсійну задачу: вважаючи відомою статистично визначену залежність імовірності безвідмовної роботи від наробітку, знаходити відповідні еквівалентні характеристики щодо запасу міцності і інтенсивності випадкових навантажень. Покращення якості стійок буде таким чином керуванням і прогнозуванням.

Список літератури

1. *Беляев Ю. К.* Непараметрические методы в задачах обработки результатов испытаний и эксплуатации. Москва. Знание, 1984. 60 с.
2. *Беляев Ю. К.* Статистические методы обработки неполных данных о надежности изделий. Москва. Знание, 1987. 55 с.
3. *Гринченко А. С.* Механическая надежность мобильных машин: оценка, моделирование, контроль. Харків. Віровець А.П. «Апостроф», 2012. 259 с.
4. *ГОСТ 27.504-84.* Надежность в технике. Методы оценки показателей надежности по цензурированным выборкам. Москва. Издательство стандартов, 1984. 41 с.
5. *Гринченко А. С., Алфьоров А. И.* Основы прогнозирования и управления надежностью в условиях экстремальных нагрузок. Харків. ТОВ «Планета-Принт», 2017. 136 с.
6. *Гринченко О. С., Алфьоров О. І., Юр'єва Г. П.* Прогнозування та керування механічною надійністю за допомогою інверсійного методу. *Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів.* 2018. № 12. С. 210–213.
7. *ДСТУ 2860-94.* Надійність техніки. Терміни та визначення. Київ. 88 с.

8. *G. Upton, I. Cook.* Oxford dictionary of Statistics. 2008. 453 p.

9. *Гринченко А. С.* Численное решение задач прогнозирования и обеспечения прочностной надежности при многократных перегрузках. *Вісник ХДТУСГ.* Харків. 2001. Вип. 8, т. 1. С. 257–264.

10. *Гринченко А. С.* Некоторые прикладные модели прочностной надежности при внезапных отказах. *Вестник национального технического университета "ХПИ".* Харьков. 2003. № 12. Т. 1. С. 51–58.

11. *Болотин В. В.* Применение методов теории вероятностей и теории надежности в расчетах сооружений. Москва. Стройиздат, 1971. 256 с.

12. *Жовдак В. А., Мищенко И. В.* Прогнозирование надежности элементов конструкций с учетом технологических и эксплуатационных факторов. Харьков. ХГПУ, 1999. 120 с.

13. *Анилович В. Я., Гринченко А. С., Литвиненко В. Л.* Надежность машин в задачах и примерах. Харьков. Око. 2001. 320 с.

14. *Soong T. T.* Fundamentals of Probability and Statistics for Engineers, State University of New York at Buffalo, Buffalo, New York, USA. 2004.

15. *Алфьоров А. И.* Динамика движения и надежность рабочих органов почвообрабатывающих агрегатов на упругой подвеске. *Вестник Харьковского национального университета сельского хозяйства имени Петра Василенко.* Харьков. 2015. № 158. С. 271–278.

16. *Гринченко А. С., Алфьоров А. И.* Теоретические модели функционирования и обеспечения механической надежности культиваторов с подпружиненными рабочими органами. *Общегосударственный межведомственный научно-технический сборник.* Кировоград. 2015. № 45. Часть I. С. 205–212.

References

1. *Belyaev, Yu. K.* (1984). Non-parametric methods in problems of processing test results and operation. Moscow. 60.
2. *Belyaev, Yu. K.* (1987). Statistical methods for processing incomplete data on product reliability. Moscow. 55.
3. *Grinchenko, A. S.* (2012). Mechanical reliability of mobile machines: Evaluation, modeling, control. Kharkiv. 259.
4. *GOST 27.504-84.* (1984). Reliability in engineering. Methods for assessing the reliability of censored samples. Moscow. 41.
5. *Grinchenko, A. S., Alfyorov, A. I.* (2017). Fundamentals of forecasting and reliability management under extreme loads. Kharkiv. 36.
6. *Grinchenko, O. S., Alfyorov, O. I., Yuryeva, G. P.* (2018). The prognosis and the kerwan mechanic supernova for the extraverse method. *Technical service of agropromislovy, lisovogo and transport complex.* № 12. 210-213.
7. *DSTU 2860-94.* (1994). Reliability technics. Terms and conditions. Kyiv. 88.

8. G. Upton, I. Cook. (2008). Oxford dictionary of Statistics. 453.

9. Grinchenko, A. S. (2001). Numerical solution of problems of forecasting and ensuring strength reliability with multiple overloads. *Visnik HDTUSG*. Kharkiv. Vol. 8. T. 1. 257-264.

10. Grinchenko, A. S. (2003). Some applied models of strength reliability with sudden failures. *Bulletin of the National Technical University "KPI"*. Kharkov, No 12. Vol. 1. 51-58.

11. Bolotin, V. V. (1971). Application of the methods of probability theory and reliability theory in the calculations of structures. Moscow. 256.

12. Zhovdak, V. A., Mishchenko, I. V. (1999). Prediction of the reliability of structural elements taking into account technological and operational factors. Kharkov. 120.

13. Anilovich, V. Ya., Grinchenko, A. S., Litvinenko, V. L. (2001). Reliability of machines in problems and examples. Kharkov. 320.

14. Soong, T. T. (2004). Fundamentals of Probability and Statistics, Engineers, State University of New York at Buffalo, Buffalo, New York, USA.

15. Alforyov, O. I. (2015). Dynamics of movement and reliability of the working bodies of tillage units on the elastic suspension. *Bulletin of the Kharkiv National University of Agriculture named after Peter Vasilenko*. Kharkiv. Vol. 158. 271-278.

16. Grinchenko A. S., Alforyov, O. I. (2015). Theoretical models of functioning and ensuring the mechanical reliability of cultivators with spring-loaded working bodies. *National interdepartmental scientific and technical collection*. Kirovograd. Vol. 45, Part I. 205-212.

СТАТИСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ НАДЕЖНОСТИ КУЛЬТИВАТОРОВ С КОЛЕБАТЕЛЬНЫМ ДВИЖЕНИЕМ РАБОЧИХ ОРГАНОВ

А. И. Алфёров

Аннотация. Выполнен репрезентативный статистический анализ эксплуатационной информации по надежности почвообрабатывающих агрегатов, имеющих колебательное движение рабочих органов. Рассмотрены результаты работы в условиях эксплуатации тринадцати культиваторов с суммарной наработкой более 280 тыс. га. Эксплуатационные исследования проводились в 7 областях Украины и характеризовали различные почвенно-климатические условия: механические свойства почвы, плотность, влажность и проч.

Установлено возникновение внезапных отказов вследствие излома упругих стоек рабочих органов культиваторов. Зафиксировано 42 внезапных отказа среди испытывавшихся 260 стоек.

Используя методику статистического анализа надежности, соответствующую отраслевому стандарту Минагрополитики Украины СОУ 74.3-37-04604309-904: 2011 «Оценка показателей надежности при сокращенных ресурсных испытаниях» были определены вероятность безотказной работы упругой стойки культиватора и изменение этого показателя в зависимости от наработки агрегата. Установлено, что статистическая модель надежности соответствует

теоретической модели квазистатического разрушения последовательных систем.

Определен гамма-процентный ресурс стойки по внезапным отказам при различных значениях гамма. Предложено два возможных направления работ, которые должны привести к улучшению качества упругих стоек культиваторов с колебательным движением рабочих органов. Указано на достаточность полученных данных для применения концепции инверсионного метода, сочетающего теоретические модели надежности с конкретными показателями статистической модели, полученными в зависимости от наработки упругих стоек, для обеспечения управляемости результатов улучшения их качества

Ключевые слова: надежность, культиватор, упругая стойка, статистический анализ, статистическая модель надежности.

STATISTICAL MODEL OF RELIABILITY OF CULTIVATORS WITH VIBRATORY MOVEMENT OF WORKING BODIES

O. I. Alforyov

Abstract. A representative statistical analysis of the operational information on the reliability of tillage units with oscillatory movement of the working bodies was performed. The results of work under the operating conditions of thirteen cultivators with a total operating time of more than 280 thousand hectares are considered. Operational studies were conducted in 7 regions of Ukraine and characterized various soil and climatic conditions: the mechanical properties of the soil, density, humidity, and so on. The occurrence of sudden failures due to the fracture of the elastic racks of the cultivators' working bodies has been established 42 sudden failures among 260 racks tested were recorded.

Using the method of statistical analysis of reliability that meets the industry standard of the Ministry of Agrarian Policy of Ukraine SOU 74.3-37-04604309-904:2011 "Evaluation of reliability indicators with reduced life tests", the probability of failure-free operation of the elastic cultivator stand and the change of this indicator depending on the operating time of the unit were determined. It is established that the statistical model of reliability corresponds to the theoretical model of quasi-static destruction of sequential systems.

The gamma-percentage resource of the rack for sudden failures at various values of gamma is determined. Two possible directions of work have been proposed, which should lead to an improvement in the quality of the elastic struts of cultivators with oscillating motion of the working bodies. The sufficiency of the obtained data is indicated for the application of the concept of the inversion method combining theoretical models of reliability with specific indicators of the statistical model obtained depending on the operating time of the elastic struts to ensure the manageability of the results of improving their quality.

Key words: reliability, cultivator, elastic rack, statistical analysis, statistical model of reliability.

O. I. Алфёров ORCID 0000-0002-0357-3141.

УДК 631.362.3

РОЗРОБКА ПРИСТРОЮ ДЛЯ АВТОМАТИЧНОГО ФЕНОТИПУВАННЯ НАСІННЄВОГО МАТЕРІАЛУ СОНЯШНИКУ

Е. Б. Алієв

Інститут олійних культур, Україна.

Кореспонденція автора: aliev@meta.ua.

Історія статті: отримано – лютий 2019, акцентовано – травень 2019.

Бібл. 11, рис. 3, табл. 0.

Анотація. Фенотипування насіння – процес типування, визначення, ідентифікації і розділення насіння, як селекційного матеріалу, за його морфологічними і маркерними ознаками. Техніко-технологічне забезпечення процесу автоматичного фенотипування насіння повинно ґрунтуватися на алгоритмах і методах обробки зображень насіння. Метою досліджень є підвищення ефективності селекційно-насінницького процесу соняшника шляхом розробки і застосування пристрою для автоматичного фенотипування насіннєвого матеріалу. Розроблено і експериментально перевірено алгоритм ідентифікації і розрахунку геометричних розмірів і забарвлення насіння, на якому оснований пристрій для автоматичного фенотипування насіннєвого матеріалу соняшника. Зазначений алгоритм реалізовано у програмному забезпеченні, яке застосовує бібліотеки OpenCV. Програмне забезпечення дозволяє ідентифікувати насіння соняшника за його геометричними розмірами (довжина L , ширина B та їх відношення) в колірному просторі HSV і гістограмами розподілу кольорів RGB області насіння. Розроблено пристрій для автоматичного фенотипування насіння, який зберігає точність індивідуального вимірювання геометричних розмірів насіння соняшника, визначення їх форми і забарвлення, що відповідає сучасним вимірювальним засобам, та забезпечує низьку трудомісткість і високу технологічність реалізації процедури фенотипування насіння, як селекційного матеріалу, за його морфологічними і маркерними ознаками.

Ключові слова: соняшник, насіннєвий матеріал, фенотипування, сепарація, ідентифікація, автоматизація.

Постановка проблеми

Станом на кінець 2018 р. в Державному реєстрі сортів рослин, придатних для поширення в Україні зареєстровано лише 17 % сортів та

гібридів соняшника вітчизняної селекції [1]. Це свідчить про загрозу національній продовольчій безпеці України.

Тому згідно з Державної цільової програмою розвитку аграрного сектору на період до 2020 року необхідне «...стимулювання збільшення виробництва добазового та базового насіння сільськогосподарських культур вітчизняної селекції...» [2].

При виконанні селекційно-насінницького процесу важливим є використання маркерних ознак, які слугують для встановлення приналежності рослин до певного гібриду чи сорту (запобігання фальсифікації) та дозволяють швидко відібрати велику кількість рослин на різних етапах селекції.

Ознаки вегетативної частини рослин дозволяють проводити відбір на ранніх стадіях розвитку, проте апробація сортів проводиться у фазі технічної стиглості.

Тому важливими є ознаки, які можна дослідити саме у цій фазі. Відношення геометричних розмірів, форма і забарвлення насіння є якісними ознаками, які є стабільними у прояві, не залежать від факторів середовища і є показовими на даному етапі розвитку.

Фенотипування насіння – процес типування, визначення, ідентифікації і розділення насіння, як селекційного матеріалу, за його морфологічними і маркерними ознаками (наприклад, забарвлення, форма і геометричні розміри) [3].

Насіння рослин можуть приймати різноманітну геометричну форму і відповідно до цього мати різні геометричні розміри.

Процес визначення форми і розмірів індивідуальних насінин різних сортів однієї культури потребує величезних часових витрат, що призводить до погіршення ефективності селекційного процесу.

Тому розробка техніко-технологічного забезпечення процесу автоматичного фенотипування насіння є актуальною задачею і потребує вирішення.

Аналіз останніх досліджень

Сучасне техніко-технологічне забезпечення процесу автоматичного фенотипування насіння повинно бути ґрунтоване на алгоритмах і методах обробки зображень насіння. Виходячи з проведеного аналізу науково-технічної літератури [4, 5] виділено три алгоритми обробки оптичних сигналів: нейромережеве розпізнавання, ідентифікація окремих об'єктів і кольоровий аналіз.

Загальний алгоритм нейромережевого розпізнавання включає наступні етапи створення «навчальної» бази даних для спектрального аналізу плоского зображення насіння і подальшого розпізнавання зображень [6]:

- отримання зображення насіння на однотонному фоні;
- виділення піксельних зображень окремих одиничних насіння;
- встановлення центрів мас насіння і прив'язати їх до координат;
- нормалізування розмірів насіння таким чином, щоб їх геометричні розміри збігалися;
- проведення дискретного вейвлет-перетворення кольорних складових всіх пікселів, що належать виділеній в попередніх пунктах області;
- впорядкування отриманих коефіцієнтів;
- зберігання отриманих даних в базу даних одиничних вейвлет спектрів;
- сортування насіння по вейвлет спектру.

Наступним алгоритмом є кольоровий аналіз, який ґрунтується на оцінці контрасту кольорних компонентів [7]. Метод містить наступні основні етапи [6, 7]:

- отримання зображення досліджуваних насіння;
- статистична обробка числових значень R-, G-, B-компонентів;
- виявлення закономірності зміни числових значень кольорних компонентів;
- розрахунок значень контрастів RGB складових;
- сортування насіння по розрахованому RGB контрасту.

Патентний пошук показує наявність способів визначення розмірних характеристик насіння [8, 9], які включає формування вибірки насіння, її сканування і обробку зображення з визначенням дійсних розмірів компонентів вибірки. При цьому обробка зображення виконується за допомогою комп'ютерної програми, яка автоматично розпізнає об'єкт та розбиває його на задану сітку, визначаючи максимальні, мінімальні та середні розміри у двох двовимірних взаємно перпендикулярних площинах. Недоліками вищезазначених способів є їх висока трудомісткість, зумовлена необхідністю постійного ручного формування вибірки насіння, а також неможливість автоматичного його

розділення за геометричними розмірами і формою. Також недоліком є те, що дані способи дозволяють ідентифікувати насіння лише за двома морфологічними показниками – розмір і форма.

Також відомий пристрій і відповідний спосіб визначення однорідності партії насіння за їх характеристиками кольору, розміру й форми [10], який оснований на отриманні зображення насіння, що освітлене підібраним електромагнітним випромінюванням, і подальшою його обробкою в колірному просторі HSI. До недоліків відомого способу слід віднести трудомісткість підбору довжини хвилі електромагнітного випромінювання, не висока точність визначення розміру, форми і кольору партії насіння через вибір колірної моделі HSI, відсутність можливості автоматичного виділення і розділення індивідуальних насіння з загальної партії за вищезазначеними морфологічними показниками.

Мета досліджень

Підвищення ефективності селекційно-насівницького процесу соняшника шляхом розробки і застосування пристрою для автоматичного фенотипування насінневого матеріалу.

Результати досліджень

Для перевірки створеного алгоритму ідентифікації і розрахунку геометричних розмірів і забарвлення насіння, на якому буде оснований пристрій для автоматичного фенотипування насінневого матеріалу соняшника, були проведені експериментальні дослідження. Дослідження були проведені на стенді (рис. 1), який складався з наступних елементів: відеокамери Video Microscope Camera 1080P 16MP HDMI USB виробництва Eakins, набору світлодіодів трьох типів (червоний, зелений, синій) і персональний комп'ютер. Принцип роботи полягав в наступному: оператор за допомогою вмикання світлодіодів задає освітлення певного кольору, а відеокамера фіксує розміщені в стаціонарному положенні або під час руху насіння і передає отримані дані на персональний комп'ютер [11].

Алгоритм програмного забезпечення складається з наступних етапів: отримання зображення з відеокамери; перетворення зображення з колірному простору RGB в HSV; фільтрація за кольором (настройка колірної маски); проведення основних морфологічних перетворень – розтягування і звуження; знаходження контурів знайденого об'єкта; отримання гістограми розподілу кольорів в колірному просторі RGB; визначення геометричних розмірів насіння і аналітичне

рівняння її контуру у вигляді матриці.

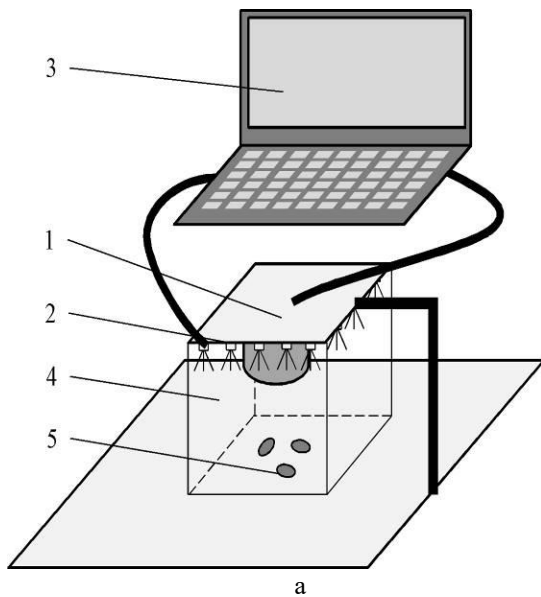


Рис. 1. Конструктивна схема (а) і загальний вигляд (б) експериментального пристрою для автоматичного фенотипування насіння: 1 – відеокамера Video Microscope Camera 1080P 16MP HDMI USB виробництва Eakins; 2 – набори світлодіодів трьох типів (червоний, зелений, синій); 3 – персональний комп’ютер; 4 – захисний екран; 5 – насіння.

Fig. 1. Structural diagram (a) and general view (b) experimental device for automatic ventipane seeds

До переваг даного алгоритму можна віднести наступні особливості:

- оператор вибирає діапазони за шкалами H, V, S, і в результаті відразу формується тривимірна область в колірному просторі;
- оператор не обмежений набором тонів, відповідних базовому кольором або кольором, похідному з базових, він може вибирати будь-який діапазон колірних тонів на шкалі H, навіть об’єднуючи колірні тони сусідніх базових кольорів

в один діапазон.

В якості об’єкту дослідження було обрано насіння соняшника наступних сортозразків колекції Інституту олійних культур НААН: L3408, СЛ2613, L3136, LG3, InK34, U5/303, КГ18, InK1124, Б2073, I2K87, LD1217, Сл179, Л2079, ZB231AC, Л7242, Сл2177, Сл1790, InK2238, InK404, Сл2639, LD1251, ВК511, InK3159, InK912, №552, InK2058, SL2966, M1048, ЗКН32, НА73Б, ЗКН51. Обрані насіння сортозразків соняшника відрізнялися між собою за маркерними ознаками, а саме за забарвленням.

В якості фактору досліджень було обрано освітлення, яке встановлювалося за допомогою вмикання або вимикання діодів певного кольору. Для досліджень було прийнято чотири типи освітлення: червоне ($R = 255, G = 0, B = 0$), зелене ($R = 0, G = 255, B = 0$), блакитне ($R = 0, G = 0, B = 255$) і біле ($R = 255, G = 255, B = 255$).

Критеріями досліджень було прийнято діапазони значень шкал кольорового простору HSV при якому в окні чорно-білого зображення розробленого програмного забезпечення чітко спостерігаються контури насіння.

Також критеріями ідентифікації насіння є їх геометричні розміри (довжина L, ширина B і їх відношення) і гістограми розподілу кольорів областей насіння в колірному просторі RGB.

Для реалізації алгоритму було написано на C++ програмне забезпечення з використанням бібліотеки OpenCV.

На вхід відеопотоку подавалися різні насінини різних кольорів, розмірів і форм. Як вже зазначалося, для кожної насінини потрібно спеціально налаштувати кольорову маску. Щоб виділити потрібний колір, необхідно підібрати межі компоненту H.

Параметр S відповідає за насиченість кольору. V визначає яскравість кольору. Затінений об’єкт буде мати низьке значення V.

При запуску програмного забезпечення пристрою для автоматичного фенотипування насінневого матеріалу з’являється 5 вікон (рис. 2).

Перше вікно (Camera) – оригінальне зображення з фотокамери при білому освітленні (всі світлодіоди увімкнені) із виділеними контурами насінин і їх геометричними розмірами.

Друге вікно (Filter) – зображення з фотокамери після перетворення кольорової картини з колірного простору HSV в чорно-білу маску.

У цій масці, всі пікселі, що потрапляють в заданий діапазон – стають білими. Інші – чорними.

Третє вікно (HSV) – повзунки HSV, за допомогою яких налаштовується кольорова маска.

Четверте вікно (RGB bar chart) – гістограми розподілу кольорів в колірному просторі RGB.

П’яте вікно (CMD) – вікно вводу і виводу повідомлень і даних.

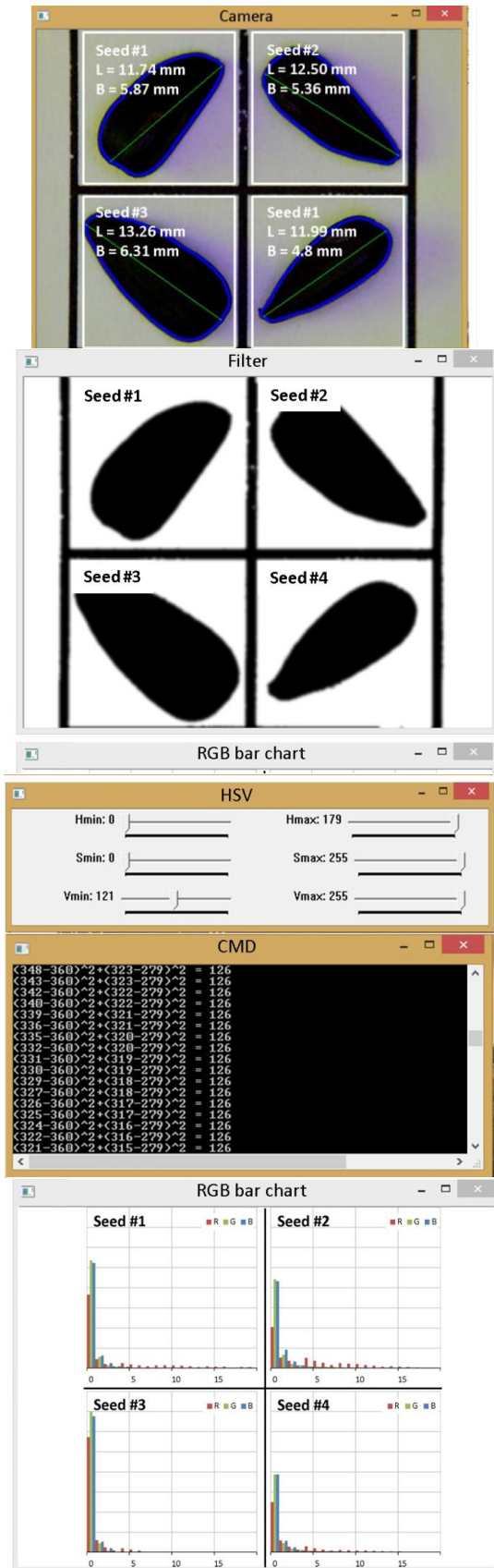


Рис. 2. Програмне забезпечення пристрою для автоматичного фенотипування насінневого матеріалу.

Fig. 2. Device software for automatic ventipane seed.

В результаті тестування програмного забезпечення пристрою для автоматичного фенотипування насінневого матеріалу були отримані наступні результати:

- алгоритм дозволяє коректно визначити насінини в просторі;
- при зміні положення насінини в просторі мітка коректно переміщується за ним;
- для правильної роботи алгоритму потрібна попереднє налаштування колірної маски;
- завдяки правильному вибору колірної моделі алгоритм стійкий по відношенню до зміни умов освітлення.

Для реалізації процесу сепарації насінневого матеріалу соняшника за визначеними морфологічними властивостями розроблено конструктивно-технологічну схему пристрою для автоматичного фенотипування насіння (рис. 3)

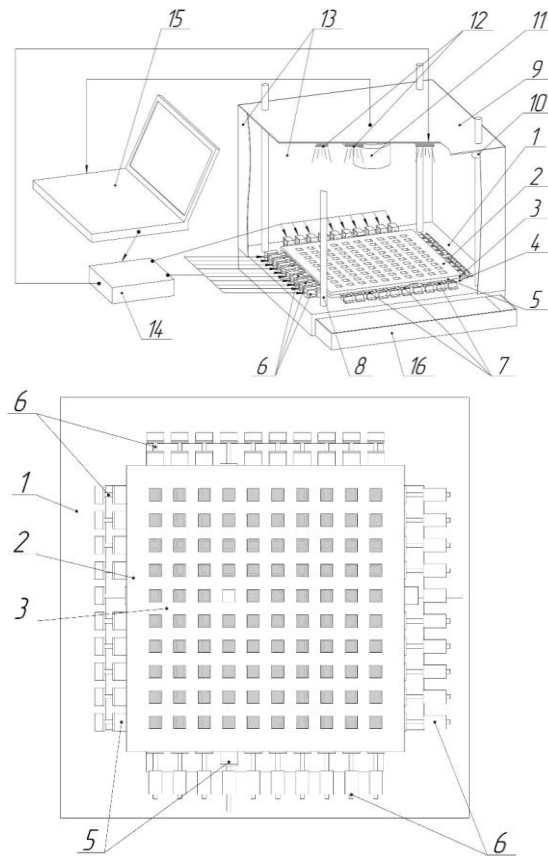


Рис. 3. Загальний вигляд пристрою для автоматичного фенотипування насінневого матеріалу: 1 – рама; 2 – матриця; 3, 4 – пластини; 5 – полоси; 6 – тягнучий електромагніт (соленоїд); 7 – пружину розтягування; 8 – направляючі; 9 – основа; 10 – фіксатор; 11 – відеокамер; 12 – набори світлодіодів трьох типів (червоний, зелений, голубий); 13 – стінки із світлонепроникного матеріалу; 14 – блок керування; 15 – персональний комп'ютер; 16 – піддон для збору насіння.

Fig. 3. General view of the device for automatic ventipane seed.

Запропонований пристрій із розроблене програмне забезпечення зберігає точність індивідуального вимірювання геометричних розмірів насіння соняшника, визначення їх форми і забарвлення, що відповідає сучасним вимірювальним засобам, та забезпечує низьку трудомісткість і високу технологічність реалізації процедури фенотипування (визначення, ідентифікації і сепарації) насіння, як селекційного матеріалу, за його морфологічними і маркерними ознаками. Крім того, запропонований пристрій дозволяє визначати морфологічні і маркерні ознаки (геометричний розмір, форма і забарвлення) всієї вибірки, що неможливо виконати за допомогою безпосереднього вимірювання, чим підвищує загальну продуктивність дослідження. При цьому також в значній мірі виключається вплив людського фактора на точність вимірювання морфологічних і маркерних ознак (геометричний розмір, форма і забарвлення) насіння.

Висновки

1. Розроблено і експериментально перевірено алгоритм ідентифікації і розрахунку геометричних розмірів і забарвлення насіння, на якому оснований пристрій для автоматичного фенотипування насіннєвого матеріалу соняшника.

2. Зазначений алгоритм реалізовано у програмному забезпеченні, яке застосовує бібліотеки OpenCV. Програмне забезпечення дозволяє ідентифікувати насіння соняшнику за його геометричними розмірами (довжина L, ширина B та їх відношення) в кольорному просторі HSV і гістограмами розподілу кольорів RGB області насіння.

3. Розроблено пристрій для автоматичного фенотипування насіння, який зберігає точність індивідуального вимірювання геометричних розмірів насіння соняшника, визначення їх форми і забарвлення, що відповідає сучасним вимірювальним засобам, та забезпечує низьку трудомісткість і високу технологічність реалізації процедури фенотипування (визначення, ідентифікації і сепарації) насіння, як селекційного матеріалу, за його морфологічними і маркерними ознаками.

Список літератури

1. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2018 рік. Київ: Міністерство аграрної політики та продовольства України. 2018. 28 с.

2. Державна цільова програма розвитку аграрного сектору економіки на період до 2020

року. Офіційний вісник України. № 24. Київ: Кабінет Міністрів України. 2016. 11 с.

3. *Jahnke S., Roussel J., Hombach T., Kochs J., Fischbach A., Huber G., Scharr H.* PhenoSeeder – A robot system for automated handling and phenotyping of individual seeds. *Plant Physiology* 172. 2016. P. 1358-1370.

4. *Усати́ков С. В., Горонков К. А., Руденко О. В.* База данных обучающей выборки для высокоточного распознавания плоских изображений сортов злаковых и масличных культур. *Фундаментальные исследования. Москва. Вып.8. Часть 2.* 2011. С. 342-346.

5. *Mira Park, Jesse S. Jin, Sherlock L. Au, Suhuai Luo, Yue Cui.* Automated Defect Inspection Systems by Pattern. *Recognition International Journal of Signal Processing, Image Processing and Pattern Recognition.* 2009. Vol. 2. No. 2. P. 31-41.

6. *Домасев М. В., Гнатюк С. П.* Управление цветом, цветовые расчеты и измерения. Спб.: Питер. 2009. 224 с.

7. *Гонсалес С., Вудс Р.* Цифровая обработка изображений. М.: Техносфера. 2005. 1072 с.

8. *Тищенко Л. М., Харченко С. О., Харченко Ф. М., Бакум М. В., Абдуев М. М., Борщ Ю. П., Коришонов К. С.* Патент на корисну модель UA 101069 U, МПК (2015.01) G01B 11/00 G01B 11/02 (2006.01). Спосіб визначення розмірів насіння. № у 2015 01890. Заявл. 03.03.2015. Опубл. 25.08.2015, Бюл. № 16.

9. *Бакум М. В., Манчинський Ю. О., Горбатовський О. М., Леонов В. П., Путівцев А. А., Приз К. Л.* Декларацийний патент на корисну модель UA 13868 U, МПК (2006) B07B 01/00. Спосіб визначення розмірних характеристик насіння. № u200510506. Заявл. 07.11.2005. Опубл. 17.04.2006, Бюл. № 4.

10. *Рингенбах А., Лойенбергер Я. А.* Патент RU 2388203, МПК A01C1/00 (2006.01). Устройство для определения однородности партии семян. № 2007130533/13. Заявл. 09.01.2006. Опубл. 10.05.2010.

11. *Шевченко І. А., Алієв Е. Б.* Дослідження фотоелектронного процесу визначення забарвлення насіння олійних культур. *Техніка і технології АПК. УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого.* 2018. № 4 (103). С. 40-43.

References

1. State register of plant varieties, suitable for distribution in Ukraine in 2018. (2018). Kyiv: Ministry of Agrarian Policy and Food of Ukraine. 28.

2. State target program for the agrarian sector of the economy for the period up to 2020. (2016). Official Bulletin of Ukraine. № 24. Kyiv: Cabinet of Ministers of Ukraine. 11.

3. *Jahnke S., Roussel J., Hombach T., Kochs J., Fischbach A., Huber G., Scharr H.* (2016).

PhenoSeeder – A robot system for automated handling and phenotyping of individual seeds. *Plant Physiology* 172. 1358-1370.

4. *Usatkov S. V., Goronkov K. A., Rudenko O.* (2011). The database of the training sample for the high-precision recognition of flat images of varieties of cereals and oil crops. Magazine "Fundamental research". Moscow. Issue 8 Part 2. 342-346.

5. *Mira Park, Jesse S. Jin, Sherlock L. Au, Suhuai Luo, Yue Cui.* (2009). Automated Defect Inspection Systems by Pattern. Recognition International Journal of Signal Processing, Image Processing and Pattern Recognition. Vol. 2. No 2. 31-41.

6. *Domasev M. V., Gnatyuk S. P.* (2009). Color management, color calculations and measurements. St. Petersburg: Peter. 224.

7. *Gonzalez S., Woods R.* (2005). Digital Image Processing. M.: Technosphere. 1072.

8. *Tishchenko L. M., Kharchenko S. A., Kharchenko F. M., Bakum M. V., Abduyev M. M., Borsch Yu. P., Korshunov K. S.* (2015). Patent for utility model UA 101069 U, IPC (2015.01) G01B 11/00 G01B 11/02 (2006.01). Method of determining the size of the seed. No. 2015 01890. Declared. 03.03.2015. Published by August 25, bulletin No. 16.

9. *Bakum M. V., Manchinsky Yu. O., Gorbatovsky O. M., Leonov V. P., Putovtsev A. A., Prize K. L.* (2006). Declarative Patent for Utility Model UA 13868 U, IPC (2006) B07B 01 / 00 Method of determining the dimensional characteristics of seeds. No. u200510506. Declared 07.11.2005. Published by April 17, Bul. No 4.

10. *Ringenbach A., Loyenberger J. A.* (2006). Patent RU 2388203, IPC A01C1 / 00 (2006.01). A device for determining the homogeneity of a seed lot. No. 2007130533/13. Declared Jan 09, Published by 10/05/2010.

11. *Shevchenko I. A., Aliiev E. B.* (2018). Research of the photoelectronic process of determining the coloration of seeds of oilseeds. Machinery and technology of agroindustrial complex. UkrNDIPVT them L. Burned. No 4 (103). 40-43.

РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ДЛЯ
АВТОМАТИЧЕСКОГО ФЕНОТИПИРОВАНИЯ
СЕМЕННОГО МАТЕРИАЛА
ПОДСОЛНЕЧНИКА

Э. Б. Алиев

Аннотация. Фенотипирования семян – процесс типирования, определение, идентификации и разделения семян, как селекционного материала, по его морфологическим и маркерным признакам. Техничко-технологическое обеспечение процесса автоматического фенотипирования семян основано на алгоритмах и методах обработки изображений семян. Целью исследований является повышение эффективности селекционно-

семеноводческого процесса подсолнечника путем разработки и применения устройства для автоматического фенотипирования семенного материала. Разработан и экспериментально проверен алгоритм идентификации и расчета геометрических размеров и окраски семян, на котором основано устройство для автоматического фенотипирования семенного материала подсолнечника. Указанный алгоритм реализован в программном обеспечении, которое применяет библиотеки OpenCV. Программное обеспечение позволяет идентифицировать семянку подсолнечника по ее геометрическим размерам (длина L, ширина B и их отношение) в цветовом пространстве HSV и гистограммам распределения цветов RGB области семянки. Разработано устройство для автоматического фенотипирования семян, который сохраняет точность индивидуального измерения геометрических размеров семян подсолнечника, определение их формы и окраски, соответствующей современным измерительным средствам, и обеспечивает низкую трудоемкость и высокую технологичность реализации процедуры фенотипирования семянки, как селекционного материала, по его морфологическим и маркерным признакам.

Ключевые слова: подсолнечник, семенной материал, фенотипирования, сепарация, идентификация, автоматизация.

DEVELOPMENT OF DEVICE FOR AUTOMATIC
PHENOTYPING OF SEEDFLOWER MATERIAL

E. B. Aliiev

Abstract. Seed phenotyping is the process of typing, determining, identifying and dividing seeds, as a breeding material, according to its morphological and marker features. Technical and technological support of the process of automatic phenotyping of seeds is based on algorithms and methods for processing images of seeds. The aim of the research is to increase the efficiency of the sunflower breeding and seed process by developing and using a device for automatic phenotyping of seed material. An algorithm for identifying and calculating the geometric dimensions and color of seeds, on which the device for automatic phenotyping of sunflower seed is based, has been developed and experimentally verified. The specified algorithm is implemented in software that uses OpenCV libraries. The software allows identification of sunflower seeds by its geometric dimensions (length L, width B and their ratio) in the HSV color space and histograms of the distribution of colors of the RGB region of the seed. A device has been developed for automatic phenotyping of seeds, which preserves the accuracy of individual measurement of the geometric dimensions of sunflower seeds, determining their shape and color corresponding to modern measuring tools, and provides low labor intensity and high

manufacturability of the implementation of the procedure of phenotyping seeds as a selection material, according to its morphological and marker features.

Key words: sunflower, seed, phenotyping, separation, identification, automation.

Е. Б. Алієв ORCID 0000-0003-4006-8803.

УДК 693.546

ВПЛИВ КУТА ЗМІЩЕННЯ КРИВОШИПІВ НА ДИНАМІКУ РОЛИКОВОЇ ФОРМУВАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ ІЗ ВРАХУВАННЯМ ДИСИПАТИВНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЕНЕРГЕТИЧНО ВРІВНОВАЖЕНОГО ПРИВІДНОГО МЕХАНІЗМУ

В. С. Ловейкін¹, К. І. Почка², Ю. О. Ромасевич¹, Ю. В. Ловейкін³

¹Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна.

²Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна.

³Національний університет імені Тараса Шевченка, Україна.

Кореспонденція авторів: lovvs@ukr.net.

Історія статті: отримано – грудень 2018, акцептовано – травень 2019.

Бібл. 24, рис. 15, табл. 1.

Анотація. Для роlikової формуальної установки з енергетично врівноваженим привідним механізмом розраховано навантаження в елементах її конструкції та приводу, отримано залежності для визначення зусилля в шатунах, яке необхідне для приведення в зворотно-поступальний рух формувальних візків, та нормальних реакцій напрямних руху формувальних візків на напрямні ролики в залежності від кута повороту кривошипів. При дослідженні навантажень використано двомасову динамічну модель роlikової формуальної установки, в якій враховано силові та інерційні характеристики привідного двигуна і кожного з формувальних візків, жорсткість привідного механізму та його дисипація. Визначено функцію зміни необхідного крутного моменту на привідному валу кривошипів для забезпечення процесу ущільнення виробів з будівельних сумішей із урахуванням дисипації привідного механізму. За середнім значенням моменту сил опору за цикл повороту кривошипів визначено номінальну розрахункову потужність, за якою вибрано електродвигун, підібрано з'єднувальні муфти та редуктор. Використовуючи рівняння Лагранжа другого роду, для роlikової формуальної установки з енергетично врівноваженим приводом, представленої двомасовою динамічною моделлю, складено диференціальні рівняння руху. В результаті числового експерименту для роlikової формуальної установки з енергетично врівноваженим привідним механізмом визначено значення жорсткості привідного механізму, зведеної до осі обертання кривошипів, за якого спостерігаються мінімальні навантаження у муфтах привідного механізму. Встановлено залежність моменту у муфті приводу від величини коефіцієнта дисипації та визначено рекомендовану величину коефіцієнта дисипації для роlikової формуальної установки з енергетично врівноваженим привідним механізмом. Проаналізовано вплив кута зміщення кривошипів на динаміку роlikової формуальної установки з енергетично врівноваженим привідним механізмом.

Ключові слова: роlikова формуальна установка, привідний механізм, зусилля, момент, жорсткість, дисипація, динаміка.

Постановка проблеми

В установках роlikового формування залізобетонних виробів під час їхньої роботи виникають значні динамічні навантаження в елементах приводного механізму та в елементах формувальних візків [1-9].

Не дивлячись на досить широке дослідження технологічного процесу формування залізобетонних виробів безвібраційним роlikовим методом [1-4], до цих пір не було досліджено динаміку руху формуального візка та її вплив на процес формування.

Мало приділялось уваги режимам руху формуального візка та зусиллям, що виникають в елементах приводного механізму.

Аналіз останніх досліджень

В існуючих теоретичних та експериментальних дослідженнях машин роlikового формування залізобетонних виробів обґрунтовано їхні конструктивні параметри та продуктивність [1-4].

Разом з тим недостатньо уваги приділено дослідженню діючим динамічним навантаженням та режимам руху, що в значній мірі впливає на роботу установки та на якість готової продукції.

Під час постійних пускогальмівних режимів руху виникають значні динамічні навантаження в елементах приводного механізму та в елементах формуального візка, що може привести до передчасного виходу установки з ладу [1-6]. Тому актуальною є задача дослідження динамічних навантажень в елементах установки.

В роботах [10-14] визначались навантаження в елементах роlikових формувальних установок, одна при цьому не було враховано жорсткість та коефіцієнт дисипації приводного механізму.

При визначенні навантажень в елементах роlikових формувальних установок [10-14] не було прослідковано вплив кута зміщення кривошипів на динаміку установок.

Мета досліджень

Мета досліджень полягає у визначенні навантажень в елементах роликів формувальної установки з енергетично врівноваженим приводом із врахуванням жорсткості та коефіцієнта дисипації передавального механізму та дослідження впливу кута зміщення кривошипів на динаміку установки.

Результати досліджень

З метою зменшення витрат енергії в машинах роликів формувальної установки запропоновано конструкцію роликів формувальної установки [15, 16] для забезпечення ущільнення залізобетонних виробів на одній технологічній лінії, яка складається з трьох формувальних візків, розташованих паралельно між собою з однієї сторони привідного валу, що приводяться в зворотно-поступальний рух від одного приводу, до складу якого входять три кривошипно-повзунні механізми, кривошипи яких жорстко закріплені на одному приводному валу та зміщені між собою на кут $\Delta\varphi = 120^\circ$ (рис. 1, а). Кожен з формувальних візків 1, 2 та 3 змонтовані на порталі 11 і здійснюють зворотно-поступальний рух в напрямних 12 над порожниною форми 13. Формувальний візок 1 складається з подавального бункера 14 та з співвісних секцій укочувальних роликів 15. Таку ж конструкцію мають і інші два візка. Візки 1, 2 і 3 з розподільними бункерами приводяться в зворотно-поступальний рух за допомогою приводу, виконаного у вигляді трьох кривошипно-повзунних механізмів, кривошипи 7, 8 та 9 яких жорстко закріплені на одному приводному валу 10 і зміщені між собою на кут $\Delta\varphi = 120^\circ$. Шатуни 4, 5 та 6 шарнірно з'єднані з формувальними візками 1, 2 та 3, а іншими кінцями з'єднуються з кривошипами 7, 8 та 9. Така конструкція формувальної установки дозволяє зменшити динамічні навантаження в елементах

привідного механізму, зменшити зайві руйнівні навантаження на рамну конструкцію і, відповідно, підвищити довговічність установки в цілому. На рис. 1, б зображено кінематичну схему роликів формувальної установки з енергетично врівноваженим приводом для формування залізобетонних виробів на одній технологічній лінії. На даній кінематичній схемі r – радіус кривошипів 7, 8 та 9; l – довжина шатунів 4, 5 та 6; φ – кутова координата положення кривошипа першого візка; $\Delta\varphi$ – кут зміщення кривошипів 7 і 8, 8 і 9 та 9 і 7 між собою; x_{A_1} , x_{A_2} та x_{A_3} – координати центрів мас візків 1, 2 та 3 відповідно; β_1 , β_2 та β_3 – кутові координати, що визначають положення шатунів першого, другого та третього візків відносно горизонталі.

Під час роботи роликів формувальної установки з енергетично врівноваженим привідним механізмом в елементах передавального механізму від електродвигуна до кривошипів виникають значні динамічні навантаження, які приводять до передчасного руйнування елементів конструкції приводу. Для дослідження цих навантажень використаємо двомасову динамічну модель роликів формувальної установки (рис. 2). В цій моделі прийняті такі позначення: M_{i1} – рушійний момент на валу привідного електродвигуна, зведений до осі повороту кривошипів; M_{i2} – момент від сил опору переміщення формувальних візків з укочувальними роликами, зведений до осі повороту кривошипів; J_{i1} – зведений до осі повороту кривошипів момент інерції ротора електродвигуна та елементів привідного механізму; J_{i2} – зведений до осі повороту кривошипів момент інерції формувальних візків та кривошипно-шатунних механізмів; \tilde{n} – жорсткість привідного механізму, зведена до осі повороту кривошипів; φ_1 та φ_2 – узагальнені координати зведених мас J_{i1} та J_{i2} відповідно.

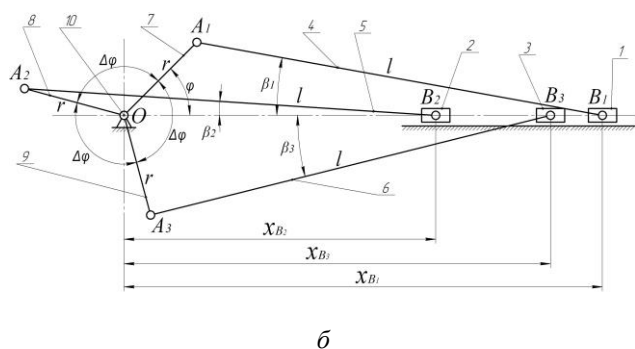
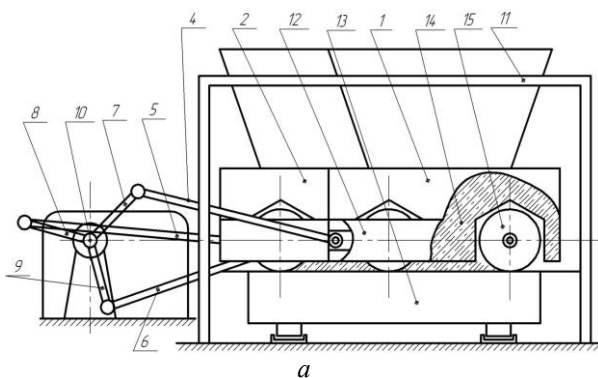


Рис. 1. Роликів формувальна установка з енергетично врівноваженим приводом (а) та її кінематична схема (б).

Fig. 1. Roller forming plant with energy-balanced drive (a) and its kinematic diagram (b).

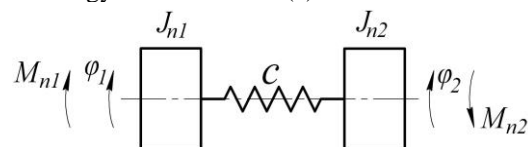


Рис. 2. Динамічна модель роликів формувальної установки.

Fig. 2. Dynamic model of roll forming installation.

Зведений момент інерції привідного механізму можна визначити наступною залежністю:

$$J_{n1} = (J_p + J_m) \cdot \delta \cdot u^2, \quad (1)$$

де J_p та J_m – моменти інерції двигуна і муфти, що з'єднує вал двигуна та вхідний вал редуктора, відповідно; δ – коефіцієнт, що враховує моменти інерції елементів редуктора зведених до вала двигуна; u – передаточне число редуктора.

Зведений момент інерції J_{n2} визначимо з другої частини механізму (рис. 3), яка включає в себе кривошипно-шатунні механізми з формувальними візками. Причому масу шатунів першого, другого та третього візків m_ϕ порівню розділимо в точках A_1 і B_1 , A_2 і B_2 та A_3 і B_3 . Тоді момент інерції кривошипів буде визначатися залежністю:

$$J_\kappa = 3 \cdot J'_\kappa + 3 \cdot \frac{m_u}{2} \cdot r^2 = 3 \cdot \left(J'_\kappa + \frac{m_u}{2} \cdot r^2 \right), \quad (2)$$

а маси візків будуть мати вигляд:

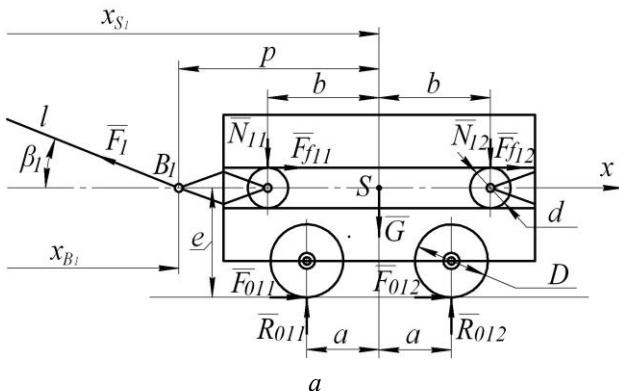
$$m_{B1} = m'_{B1} + \frac{m_u}{2}; \quad m_{B2} = m'_{B2} + \frac{m_u}{2}; \quad (3)$$

$$m_{B3} = m'_{B3} + \frac{m_u}{2}.$$

Тут m_u – маса кожного із шатунів; m'_{B1} , m'_{B2} , m'_{B3} – маса першого, другого та третього формувальних візків відповідно; J'_κ – момент інерції кожного із кривошипів відносно власної осі обертання; r – радіус кривошипів; J_κ – момент інерції кожного із кривошипів з половиною маси шатуна відносно власної осі обертання; m_{B1} , m_{B2} , m_{B3} – маса першого, другого та третього візків відповідно з половиною маси шатуна.

Зведений момент інерції J_{n2} визначимо з умови рівності кінетичних енергій кривошипно-шатунних механізмів з візками T_p (рис. 3) та другого диска динамічної моделі (рис. 2) T_m , тобто $T_p = T_m$.

Знайдемо кінетичну енергію кривошипно-шатунних механізмів з візками:



$$T_\delta = \frac{1}{2} \cdot J_\epsilon \cdot \dot{\phi}_2^2 + \frac{1}{2} \cdot m_{B1} \cdot \dot{x}_{S1}^2 + \frac{1}{2} \cdot m_{B2} \cdot \dot{x}_{S2}^2 + \frac{1}{2} \cdot m_{B3} \cdot \dot{x}_{S3}^2, \quad (4)$$

де \dot{x}_{S1} , \dot{x}_{S2} , \dot{x}_{S3} – швидкості центрів мас першого, другого та третього формувальних візків відповідно.

Оскільки всі три візки рухаються поступально, то усі їхні точки мають однакову швидкість. Тому можна прийняти, що $\dot{x}_{S1} = \dot{x}_{B1}$, $\dot{x}_{S2} = \dot{x}_{B2}$ та $\dot{x}_{S3} = \dot{x}_{B3}$.

Виразимо швидкості точок B_1 , B_2 та B_3 через координати кривошипів та їх похідні за часом. Для цього скористаємось залежностями:

$$\dot{x}_{B1} = \dot{\phi}_2 \cdot \frac{\partial x_{B1}}{\partial \phi_2}; \quad \dot{x}_{B2} = \dot{\phi}_2 \cdot \frac{\partial x_{B2}}{\partial \phi_2}; \quad \dot{x}_{B3} = \dot{\phi}_2 \cdot \frac{\partial x_{B3}}{\partial \phi_2}. \quad (5)$$

Тоді залежність (4) буде мати вигляд:

$$T_\delta = \frac{1}{2} \cdot \dot{\phi}_2^2 \cdot \left[J_\epsilon + m_{B1} \cdot \left(\frac{\partial x_{B1}}{\partial \phi_2} \right)^2 + m_{B2} \cdot \left(\frac{\partial x_{B2}}{\partial \phi_2} \right)^2 + m_{B3} \cdot \left(\frac{\partial x_{B3}}{\partial \phi_2} \right)^2 \right]. \quad (6)$$

Кінетична енергія другого диска на рис. 2 виражається залежністю:

$$T_i = \frac{1}{2} \cdot J_{i2} \cdot \dot{\phi}_2^2. \quad (7)$$

Прирівнюючи залежності (6) та (7), будемо мати:

$$\frac{1}{2} \cdot \dot{\phi}_2^2 \cdot \left[J_\epsilon + m_{B1} \cdot \left(\frac{\partial x_{B1}}{\partial \phi_2} \right)^2 + m_{B2} \cdot \left(\frac{\partial x_{B2}}{\partial \phi_2} \right)^2 + m_{B3} \cdot \left(\frac{\partial x_{B3}}{\partial \phi_2} \right)^2 \right] = \frac{1}{2} \cdot J_{i2} \cdot \dot{\phi}_2^2. \quad (8)$$

З рівняння (8) отримуємо:

$$J_{i2} = J_\epsilon + m_{B1} \cdot \left(\frac{\partial x_{B1}}{\partial \phi_2} \right)^2 + m_{B2} \cdot \left(\frac{\partial x_{B2}}{\partial \phi_2} \right)^2 + m_{B3} \cdot \left(\frac{\partial x_{B3}}{\partial \phi_2} \right)^2. \quad (9)$$

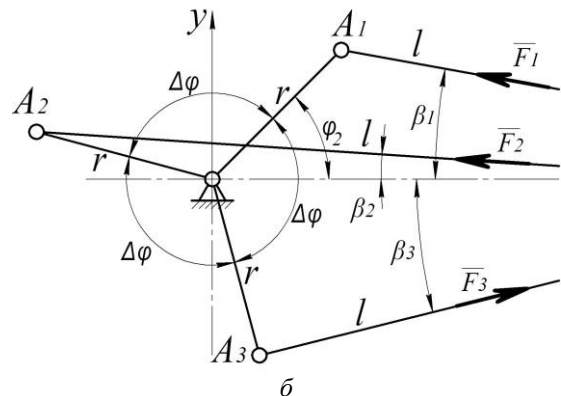


Рис. 3. Розрахункова схема навантажень на формувальний візок (а) та на привідний механізм (б) установки з енергетично врівноваженим приводом.

Fig. 3. Calculating design loads on the moulding carriage (a) and drive gear (b) installing energy-balanced drive.

Для визначення зведеного моменту сил опору M_{i2} скористаємось рис. 3, на якому прийняті такі позначення: F_1 , F_2 та F_3 – зусилля в шатунах, необхідні для подолання сил опору, що діють на візки; β_1 , β_2 та β_3 – кутові координати, що визначають положення шатунів першого, другого та третього візків відносно горизонталі; для першого формувального візка F_{011} , F_{012} – горизонтальні сили взаємодії укочувальних роликів з бетонною сумішшю; R_{011} , R_{012} – вертикальні сили взаємодії укочувальних роликів з бетонною сумішшю; N_{11} , N_{12} – нормальні реакції напрямних руху формувального візка на напрямні ролики; $F_{f11} = N_{11} \cdot f_{i\partial}$, $F_{f12} = N_{12} \cdot f_{i\partial}$ – сили тертя напрямних роликів по напрямних руху формувального візка; $f_{i\partial}$ – зведений коефіцієнт тертя напрямних роликів по напрямних руху формувального візка; G – сила тяжіння формувального візка; a , b , p , e – геометричні розміри формувального візка; D – діаметр укочувального ролика; d – діаметр напрямного ролика; l – довжина шатуна. Для другого та третього формувальних візків силові параметри F_{021} , F_{022} , F_{031} , F_{032} , R_{021} , R_{022} , R_{031} , R_{032} , N_{21} , N_{22} , N_{31} , N_{32} , F_{f21} , F_{f22} , F_{f31} , F_{f32} , $f_{i\partial}$, G та геометричні характеристики a , b , p , e , D , d , l будуть ідентичні.

Для визначення реакцій напрямних роликів N_{11} , N_{12} , N_{21} , N_{22} , N_{31} та N_{32} , а також зусиль в шатунах F_1 , F_2 та F_3 розглянемо статичну рівновагу першого, другого та третього формувальних візків. Спроекуємо всі сили, що діють на кожний з візків на координатні осі x і y та складемо суму моментів цих сил відносно точок B_1 , B_2 та B_3 (рис. 3) в результаті чого отримаємо:

– для першого формувального візка:

$$\begin{cases} \sum X = -F_1 \cdot \cos \beta_1 + N_{11} \cdot f_{i\partial} + N_{12} \cdot f_{i\partial} + \\ + F_{011} + F_{012} = 0; \\ \sum Y = F_1 \sin \beta_1 - N_{11} - N_{12} - G + R_{011} + R_{012} = 0; \\ \sum M_{B_1} = -N_{11} \cdot (p-b) - N_{12} \cdot (p+b) - G \cdot p - \\ - (N_{11} + N_{12}) \cdot f_{i\partial} \cdot \frac{d}{2} + (F_{011} + F_{012}) \cdot e + \\ + R_{011} \cdot (p-a) + R_{012} \cdot (p+a) = 0. \end{cases} \quad (10)$$

– для другого формувального візка:

$$\begin{cases} \sum X = -F_2 \cdot \cos \beta_2 + N_{21} \cdot f_{i\partial} + N_{22} \cdot f_{i\partial} + \\ + F_{021} + F_{022} = 0; \\ \sum Y = F_2 \sin \beta_2 - N_{21} - N_{22} - G + \\ + R_{021} + R_{022} = 0; \\ \sum M_{B_2} = -N_{21} \cdot (p-b) - N_{22} \cdot (p+b) - G \cdot p - \\ - (N_{21} + N_{22}) \cdot f_{i\partial} \cdot \frac{d}{2} + (F_{021} + F_{022}) \cdot e + \\ + R_{021} \cdot (p-a) + R_{022} \cdot (p+a) = 0. \end{cases} \quad (11)$$

– для третього формувального візка:

$$\begin{cases} \sum X = -F_3 \cdot \cos \beta_3 + N_{31} \cdot f_{i\partial} + N_{32} \cdot f_{i\partial} + \\ + F_{031} + F_{032} = 0; \\ \sum Y = F_3 \cdot \sin \beta_3 - N_{31} - N_{32} - G + \\ + R_{031} + R_{032} = 0; \\ \sum M_{B_3} = -N_{31} \cdot (p-b) - N_{32} \cdot (p+b) - G \cdot p - \\ - (N_{31} + N_{32}) \cdot f_{i\partial} \cdot \frac{d}{2} + (F_{031} + F_{032}) \cdot e + \\ + R_{031} \cdot (p-a) + R_{032} \cdot (p+a) = 0. \end{cases} \quad (12)$$

Розв'язавши системи рівнянь (10)-(12), знаходимо:

$$F_1 = \frac{1}{\cos \beta_1 - f_{i\partial} \cdot \sin \beta_1} \left[(R_{011} + R_{012} - G) f_{i\partial} + \right]; \quad (13)$$

$$F_2 = \frac{1}{\cos \beta_2 - f_{i\partial} \cdot \sin \beta_2} \left[(R_{021} + R_{022} - G) f_{i\partial} + \right]; \quad (14)$$

$$F_3 = \frac{1}{\cos \beta_3 - f_{i\partial} \cdot \sin \beta_3} \left[(R_{031} + R_{032} - G) f_{i\partial} + \right]; \quad (15)$$

$$N_{12} = \frac{1}{2 \cdot b} \cdot \left[\begin{aligned} & R_{011} \cdot \left(b - a - f_{i\partial} \cdot \frac{d}{2} \right) + \\ & + R_{012} \cdot \left(b + a - f_{i\partial} \cdot \frac{d}{2} \right) - \\ & - G \cdot \left(b - f_{i\partial} \cdot \frac{d}{2} \right) + \\ & + F_1 \cdot \sin \beta_1 \cdot \left(b - p - f_{i\partial} \cdot \frac{d}{2} \right) \end{aligned} \right]; \quad (16)$$

$$N_{22} = \frac{1}{2 \cdot b} \cdot \left[\begin{aligned} & R_{021} \cdot \left(b - a - f_{i\partial} \cdot \frac{d}{2} \right) + \\ & + R_{022} \cdot \left(b + a - f_{i\partial} \cdot \frac{d}{2} \right) - \\ & - G \cdot \left(b - f_{i\partial} \cdot \frac{d}{2} \right) + \\ & + F_2 \cdot \sin \beta_2 \cdot \left(b - p - f_{i\partial} \cdot \frac{d}{2} \right) \end{aligned} \right]; \quad (17)$$

$$N_{32} = \frac{1}{2 \cdot b} \cdot \left[\begin{aligned} & R_{031} \cdot \left(b - a - f_{i\partial} \cdot \frac{d}{2} \right) + \\ & + R_{032} \cdot \left(b + a - f_{i\partial} \cdot \frac{d}{2} \right) - \\ & - G \cdot \left(b - f_{i\partial} \cdot \frac{d}{2} \right) + \\ & + F_3 \cdot \sin \beta_3 \cdot \left(b - p - f_{i\partial} \cdot \frac{d}{2} \right) \end{aligned} \right]; \quad (18)$$

$$N_{11} = R_{011} + R_{012} + F_1 \cdot \sin \beta_1 - N_{12} - G; \quad (19)$$

$$N_{21} = R_{021} + R_{022} + F_2 \cdot \sin \beta_2 - N_{22} - G; \quad (20)$$

$$N_{31} = R_{031} + R_{032} + F_3 \cdot \sin \beta_3 - N_{32} - G. \quad (21)$$

На основі залежностей (13)-(15) знайдемо моменти сил опору M_{i1} , M_{i2} і M_{i3} від кожного з формувальних візків та сумарний момент сил опору M_{i2} , зведений до осі повороту кривошипів:

$$M_{i1} = F_1 \cdot r \cdot \cos\left(\frac{\pi}{2} - \varphi_2 - \beta_1\right) = F_1 \cdot r \cdot \sin(\varphi_2 + \beta_1); \quad (22)$$

$$\begin{aligned} M_{i2} &= F_2 \cdot r \cdot \cos\left(\frac{\pi}{2} - (\varphi_2 + \Delta\varphi) - \beta_2\right) = \\ &= F_2 \cdot r \cdot \sin(\varphi_2 + \Delta\varphi + \beta_2); \end{aligned} \quad (23)$$

$$\begin{aligned} M_{i3} &= F_3 \cdot r \cdot \cos\left(\frac{\pi}{2} - (\varphi_2 + 2\Delta\varphi) - \beta_3\right) = \\ &= F_3 \cdot r \cdot \sin(\varphi_2 + 2\Delta\varphi + \beta_3); \end{aligned} \quad (24)$$

$$\begin{aligned} M_{i2} &= M_{i1} + M_{i2} + M_{i3} = \\ &= F_1 \cdot r \cdot \sin(\varphi_2 + \beta_1) + \\ &+ F_2 \cdot r \cdot \sin(\varphi_2 + \Delta\varphi + \beta_2) + \\ &+ F_3 \cdot r \cdot \sin(\varphi_2 + 2\Delta\varphi + \beta_3). \end{aligned} \quad (25)$$

Величина кутів β_1 , β_2 та β_3 може бути визначена зі співвідношень:

$$\begin{aligned} r \cdot \sin \varphi_2 &= l \cdot \sin \beta_1; \quad r \cdot \sin(\varphi_2 + \Delta\varphi) = l \cdot \sin \beta_2; \\ r \cdot \sin(\varphi_2 + 2\Delta\varphi) &= l \cdot \sin \beta_3. \end{aligned} \quad (26)$$

Звідки:

$$\begin{aligned} \beta_1 &= \arcsin\left(\frac{r}{l} \cdot \sin \varphi_2\right); \\ \beta_2 &= \arcsin\left(\frac{r}{l} \cdot \sin(\varphi_2 + \Delta\varphi)\right); \\ \beta_3 &= \arcsin\left(\frac{r}{l} \cdot \sin(\varphi_2 + 2\Delta\varphi)\right). \end{aligned} \quad (27)$$

Використовуючи рівняння Лагранжа другого роду складемо диференціальні рівняння руху роликів формувальної установки з енергетично зрівноваженим приводом, представленій двомасовою динамічною моделлю:

$$\begin{cases} \frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}_1} - \frac{\partial T}{\partial \varphi_1} = Q_{\varphi_1} - \frac{\partial \dot{I}}{\partial \varphi_1}; \\ \frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}_2} - \frac{\partial T}{\partial \varphi_2} = Q_{\varphi_2} - \frac{\partial \dot{I}}{\partial \varphi_2}, \end{cases} \quad (28)$$

де t – час; T – кінетична енергія системи; Q_{φ_1} , Q_{φ_2} – узагальнені сили, що відповідають координатам φ_1 та φ_2 відповідно; \dot{I} – потенціальна енергія системи, яка має вигляд:

$$\dot{I} = \frac{1}{2} \cdot \tilde{n} \cdot (\varphi_1 - \varphi_2)^2. \quad (29)$$

$$\begin{cases} \frac{\partial T}{\partial \varphi_1} = 0; \quad \frac{\partial T}{\partial \varphi_2} = \varphi_2^2 \cdot \left[m_{B_1} \cdot \frac{\partial x_{B_1}}{\partial \varphi_2} \cdot \frac{\partial^2 x_{B_1}}{\partial \varphi_2^2} + m_{B_2} \cdot \frac{\partial x_{B_2}}{\partial \varphi_2} \cdot \frac{\partial^2 x_{B_2}}{\partial \varphi_2^2} + m_{B_3} \cdot \frac{\partial x_{B_3}}{\partial \varphi_2} \cdot \frac{\partial^2 x_{B_3}}{\partial \varphi_2^2} \right]; \\ \frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}_1} = J_{i1} \cdot \dot{\varphi}_1; \quad \frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}_2} = \left[J_{\hat{e}} + m_{B_1} \cdot \left(\frac{\partial x_{B_1}}{\partial \varphi_2} \right)^2 + m_{B_2} \cdot \left(\frac{\partial x_{B_2}}{\partial \varphi_2} \right)^2 + m_{B_3} \cdot \left(\frac{\partial x_{B_3}}{\partial \varphi_2} \right)^2 \right] \cdot \dot{\varphi}_2; \\ \frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}_1} = J_{i1} \cdot \ddot{\varphi}_1; \quad \frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}_2} = \left[J_{\hat{e}} + m_{B_1} \cdot \left(\frac{\partial x_{B_1}}{\partial \varphi_2} \right)^2 + m_{B_2} \cdot \left(\frac{\partial x_{B_2}}{\partial \varphi_2} \right)^2 + m_{B_3} \cdot \left(\frac{\partial x_{B_3}}{\partial \varphi_2} \right)^2 \right] \cdot \ddot{\varphi}_2 + \\ + \varphi_2^2 \cdot \left[m_{B_1} \cdot \frac{\partial x_{B_1}}{\partial \varphi_2} \cdot \frac{\partial^2 x_{B_1}}{\partial \varphi_2^2} + m_{B_2} \cdot \frac{\partial x_{B_2}}{\partial \varphi_2} \cdot \frac{\partial^2 x_{B_2}}{\partial \varphi_2^2} + m_{B_3} \cdot \frac{\partial x_{B_3}}{\partial \varphi_2} \cdot \frac{\partial^2 x_{B_3}}{\partial \varphi_2^2} \right]. \end{cases} \quad (33)$$

Кінетична енергія системи виражається залежністю:

$$T = \frac{1}{2} \cdot J_{i1} \cdot \dot{\varphi}_1^2 + \frac{1}{2} \cdot \left[J_{\hat{e}} + m_{B_1} \cdot \left(\frac{\partial x_{B_1}}{\partial \varphi_2} \right)^2 + m_{B_2} \cdot \left(\frac{\partial x_{B_2}}{\partial \varphi_2} \right)^2 + m_{B_3} \cdot \left(\frac{\partial x_{B_3}}{\partial \varphi_2} \right)^2 \right] \cdot \dot{\varphi}_2^2. \quad (30)$$

Узагальнені сили мають вигляд:

$$Q_{\varphi_1} = M_{i1}; \quad Q_{\varphi_2} = M_{i2}, \quad (31)$$

де M_{i1} – рушійний момент на валу приводного електродвигуна, зведений до осі повороту кривошипа, який визначається за формулою Клосса:

$$M_{i1} = \frac{2 \cdot M_{\hat{e}\delta} \cdot u \cdot \eta_i}{1 - \frac{\dot{\varphi}_1 \cdot u}{\omega_0} + \frac{s_{\hat{e}\delta}}{1 - \frac{\dot{\varphi}_1 \cdot u}{\omega_0}}}. \quad (32)$$

Тут $M_{\hat{e}\delta}$ – критичний (максимальний) момент на валу приводного електродвигуна; u – передаточне число приводного механізму; η_i – коефіцієнт корисної дії приводного механізму; ω_0 – синхронна кутова швидкість ротора приводного електродвигуна; $s_{\hat{e}\delta}$ – критичне ковзання електродвигуна, яке визначається залежністю:

$$s_{\hat{e}\delta} = s_i \cdot \left(\lambda + \sqrt{\lambda^2 - 1} \right),$$

де λ – кратність максимального моменту електродвигуна (перевантажувальна здатність двигуна); s_i – номінальне ковзання електродвигуна, що визначається наступним виразом:

$$s_i = 1 - \frac{\omega_i}{\omega_0}.$$

Тут ω_i – номінальна кутова швидкість ротора приводного електродвигуна.

Взявши похідні від виразу кінетичної енергії системи, отримаємо:

Після підстановки виразів (29), (31), (32), (13)-(15) та (25) в систему рівнянь (28) отримаємо:

$$\left\{ \begin{aligned} J_{i1} \cdot \ddot{\varphi}_1 &= \frac{2 \cdot M_{\dot{\epsilon}\delta} \cdot u \cdot \eta_i}{\frac{1 - \dot{\varphi}_1 \cdot u / \omega_0}{s_{\dot{\epsilon}\delta}} + \frac{s_{\dot{\epsilon}\delta}}{1 - \dot{\varphi}_1 \cdot u / \omega_0}} - \tilde{n} \cdot (\varphi_1 - \varphi_2); \\ \left[J_{\dot{\epsilon}} + m_{B_1} \cdot \left(\frac{\partial x_{B_1}}{\partial \varphi_2} \right)^2 + m_{B_2} \cdot \left(\frac{\partial x_{B_2}}{\partial \varphi_2} \right)^2 + m_{B_3} \cdot \left(\frac{\partial x_{B_3}}{\partial \varphi_2} \right)^2 \right] \cdot \ddot{\varphi}_2 + \\ + \ddot{\varphi}_2^2 \cdot \left[m_{B_1} \cdot \frac{\partial x_{B_1}}{\partial \varphi_2} \cdot \frac{\partial^2 x_{B_1}}{\partial \varphi_2^2} + m_{B_2} \cdot \frac{\partial x_{B_2}}{\partial \varphi_2} \cdot \frac{\partial^2 x_{B_2}}{\partial \varphi_2^2} + m_{B_3} \cdot \frac{\partial x_{B_3}}{\partial \varphi_2} \cdot \frac{\partial^2 x_{B_3}}{\partial \varphi_2^2} \right] = & \quad (34) \\ = \tilde{n} \cdot (\varphi_1 - \varphi_2) - \frac{1}{\cos \beta_1 - f_{i\delta} \cdot \sin \beta_1} \cdot \left[(R_{011} + R_{012} - G) \cdot f_{i\delta} + F_{011} + F_{012} \right] \cdot r \cdot \sin(\varphi_2 + \beta_1) - \\ - \frac{1}{\cos \beta_2 - f_{i\delta} \cdot \sin \beta_2} \cdot \left[(R_{021} + R_{022} - G) \cdot f_{i\delta} + F_{021} + F_{022} \right] \cdot r \cdot \sin(\varphi_2 + \Delta\varphi + \beta_2) - \\ - \frac{1}{\cos \beta_3 - f_{i\delta} \cdot \sin \beta_3} \cdot \left[(R_{031} + R_{032} - G) \cdot f_{i\delta} + F_{031} + F_{032} \right] \cdot r \cdot \sin(\varphi_2 + 2\Delta\varphi + \beta_3). \end{aligned} \right.$$

Для роликової формувальної установки з параметрами [4]: $r = 0,2\text{ м}$; $l = 0,8\text{ м}$; горизонтальні сили взаємодії укочувальних роликів з бетонною сумішшю $F_{011} = F_{012} = F_{021} = F_{022} = F_{031} = F_{032} = 7962\text{ Н}$ при здійсненні процесу ущільнення формувальним візком з двома укочувальними роликами радіусом $R = 0,11\text{ м}$ будівельної суміші з наступними характеристиками: висота виробу – $h_0 = 0,22\text{ м}$, ширина виробу – $B = 1,164\text{ м}$; тип суміші, що ущільнюється – дрібнозерниста суміш; вологість бетонної суміші – $W = 10\%$; потрібна щільність виробу – $k_{\delta\ddot{u}} = 0,98$; величина максимального контактного тиску, що забезпечує $k_{\delta\ddot{u}} = 0,98$ при $W = 10\%$, за експериментальними даними $p = 625\hat{\epsilon}\hat{\delta}\hat{a}$; $R_{011} = R_{012} = R_{021} = R_{022} = R_{031} = R_{032} = 9740\text{ Н}$; $m_{\varphi} = 64\hat{\epsilon}\hat{a}$; $m'_{B_1} = m'_{B_2} = m'_{B_3} = 1000\hat{\epsilon}\hat{a}$; $f_{i\delta} = 0,008$; $D = 0,22\text{ м}$; $d = 0,046\text{ м}$; $\hat{a} = 0,27\text{ м}$; $b = 0,37\text{ м}$; $\delta = 0,52\text{ м}$; $\hat{a} = 0,21\text{ м}$; маса візка з половиною маси шатуна $m_{B_1} = m_{B_2} = m_{B_3} = 1032\hat{\epsilon}\hat{a}$; $G = 10124,9\text{ Н}$ за виразами (13)-(25) визначено функції та побудовано графіки зміни реакцій напрямних роликів N_{11} , N_{12} , N_{21} , N_{22} , N_{31} і N_{32} (рис. 4), зусиль в шатунах F_1 , F_2 і F_3 (рис. 5) та моментів сил опору M_{i1} , M_{i2} , M_{i3} та M_{i2} (рис. 6) в залежності від кута повороту кривошипів. За середнім значенням зведеного моменту сил опору за цикл повороту кривошипа визначено номінальну розрахункову потужність двигуна [17, 18]. За цими даними вибрано асинхронний електродвигун з короткозамкненим ротором серії 4А основного виконання 4А160М6У3 [19] з параметрами: $\omega_0 = 104,72\delta\hat{a}\hat{a}/\tilde{n}$, $\omega_i = 102,1\delta\hat{a}\hat{a}/\tilde{n}$, $\omega_{\dot{\epsilon}\delta} = 94,95\delta\hat{a}\hat{a}/\tilde{n}$ – синхронна, номінальна та критична швидкості обертання ротора двигуна; $J_p = 0,183\hat{\epsilon}\hat{a} \cdot i^2$ – момент інерції ротора двигуна;

$\dot{i}_i = 176,3\hat{i} \cdot i$ – пусковий момент;
 $\dot{i}_i = 146,915\hat{i} \cdot i$ – номінальний момент;
 $\dot{i}_{\dot{\epsilon}\delta} = 293,83\hat{i} \cdot i$ – критичний момент;

$\lambda = \frac{M_{кр}}{M_n} = 2,0$ – відношення критичного моменту до номінального; $s_i = 0,025$ – номінальне ковзання електродвигуна; $s_{\dot{\epsilon}\delta} = 0,0933$ – критичне ковзання електродвигуна. Також підібрано з'єднувальну муфту МУВП [20] з номінальним моментом, що передається, $\dot{i}_{i\tilde{m}} = 500\hat{i} \cdot i$ і моментом інерції $J_i = 0,32\hat{\epsilon}\hat{a} \cdot i^2$ та редуктор Ц2-400 з передаточним числом $u = 9,8$ і моментом інерції $J_{\delta\hat{a}\hat{a}} = 0,046\hat{\epsilon}\hat{a} \cdot i^2$.

Значення першої та другої передаточних функцій візків визначаються з виразів функцій зміни координат першого, другого та третього формувальних візків відповідно (рис. 1, б) [5, 10, 17, 18]:

$$x_{B_1} = r \cdot \cos \varphi_2 + l \cdot \cos \beta_1; \quad (35)$$

$$x_{B_2} = r \cdot \cos(\varphi_2 + \Delta\varphi) + l \cdot \cos \beta_2; \quad (36)$$

$$x_{B_3} = r \cdot \cos(\varphi_2 + 2\Delta\varphi) + l \cdot \cos \beta_3. \quad (37)$$

З рівностей (26) можна отримати:

$$\sin \beta_1 = \frac{r}{l} \cdot \sin \varphi_2 \rightarrow \cos \beta_1 = \left[1 - \left(\frac{r}{l} \cdot \sin \varphi_2 \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}; \quad (38)$$

$$\begin{aligned} \sin \beta_2 &= \frac{r}{l} \cdot \sin(\varphi_2 + \Delta\varphi) \rightarrow \\ \rightarrow \cos \beta_2 &= \left[1 - \left(\frac{r}{l} \cdot \sin(\varphi_2 + \Delta\varphi) \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}; \end{aligned} \quad (39)$$

$$\begin{aligned} \sin \beta_3 &= \frac{r}{l} \cdot \sin(\varphi_2 + 2\Delta\varphi) \rightarrow \\ \rightarrow \cos \beta_3 &= \left[1 - \left(\frac{r}{l} \cdot \sin(\varphi_2 + 2\Delta\varphi) \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}. \end{aligned} \quad (40)$$

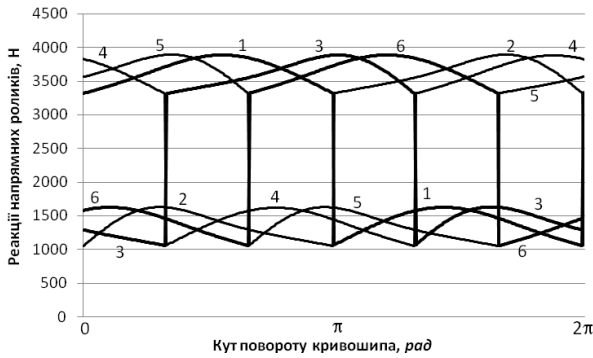


Рис. 4. Графіки зміни реакцій напрямних роликів N_{11} (1), N_{12} (2), N_{21} (3), N_{22} (4), N_{31} (5) та N_{32} (6) в залежності від кута повороту кривошипів.

Fig. 4. The graphs of the reactions of guide rollers N_{11} (1), N_{12} (2), N_{21} (3), N_{22} (4), N_{31} (5) and N_{32} (6) depending on the angle of rotation of the cranks.



Рис. 5. Графік зміни зусиль в шатунах F_1 (1), F_2 (2) та F_3 (3) в залежності від кута повороту кривошипів.

Fig. 5. Schedule change efforts in connecting rod F_1 (1), F_2 (2) and F_3 (3) depending on the angle of rotation of the cranks.

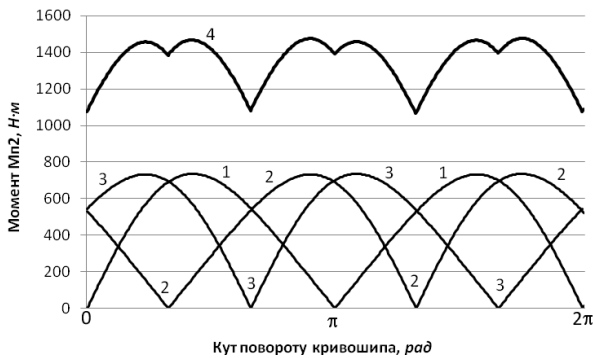


Рис. 6. Графік зміни моментів сил опору M_{i1} (1), M_{i2} (2), M_{i3} (3) та M_{i2} (4) в залежності від кута повороту кривошипів.

Fig. 6. Schedule changes of the moments of forces of resistance M_{i1} (1), M_{i2} (2), M_{i3} (3) and M_{i2} (4) depending on the angle of rotation of the cranks.

Вирази $\cos \beta_1$, $\cos \beta_2$ та $\cos \beta_3$ можна розкласти в ряд за формулою бінома Ньютона:

$$\left[1 - \left(\frac{r}{l} \cdot \sin \varphi_2 \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} = \quad (41)$$

$$1 - \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{r}{l} \cdot \sin \varphi_2 \right)^2 - \frac{1}{8} \cdot \left(\frac{r}{l} \cdot \sin \varphi_2 \right)^4 - \dots;$$

$$\left[1 - \left(\frac{r}{l} \cdot \sin(\varphi_2 + \Delta\varphi) \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} = 1 - \quad (42)$$

$$- \frac{1}{2} \left(\frac{r}{l} \cdot \sin(\varphi_2 + \Delta\varphi) \right)^2 - \frac{1}{8} \left(\frac{r}{l} \cdot \sin(\varphi_2 + \Delta\varphi) \right)^4 - \dots;$$

$$\left[1 - \left(\frac{r}{l} \cdot \sin(\varphi_2 + 2\Delta\varphi) \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} = 1 - \quad (43)$$

$$- \frac{1}{2} \left(\frac{r}{l} \cdot \sin(\varphi_2 + 2\Delta\varphi) \right)^2 - \frac{1}{8} \left(\frac{r}{l} \cdot \sin(\varphi_2 + 2\Delta\varphi) \right)^4 - \dots$$

Відношення r/l для роликкових формувальних установок з кривошипно-шатунними приводними механізмами не перевищують $1/3$ і ряди (41)-(43) досить швидко сходяться, тому з достатньою для практики точністю можна відкинути третій та подальші члени рядів (41)-(43). Тоді залежності (35)-(37) будуть мати вигляд:

$$x_{B1} = r \cdot \cos \varphi_2 + l \cdot \left[1 - \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{r}{l} \cdot \sin \varphi_2 \right)^2 \right]; \quad (44)$$

$$x_{B2} = r \cdot \cos(\varphi_2 + \Delta\varphi) + l \cdot \left[1 - \frac{1}{2} \left(\frac{r}{l} \sin(\varphi_2 + \Delta\varphi) \right)^2 \right]; \quad (45)$$

$$x_{B3} = r \cdot \cos(\varphi_2 + 2\Delta\varphi) + l \cdot \left[1 - \frac{1}{2} \left(\frac{r}{l} \sin(\varphi_2 + 2\Delta\varphi) \right)^2 \right]. \quad (46)$$

Значення першої та другої передаточних функцій всіх трьох формувальних візків матимуть вигляд:

$$\frac{\partial x_{B1}}{\partial \varphi_2} = -r \cdot \left(\sin \varphi_2 + \frac{r}{2l} \cdot \sin 2\varphi_2 \right);$$

$$\frac{\partial x_{B2}}{\partial \varphi_2} = -r \cdot \left[\sin(\varphi_2 + \Delta\varphi) + \frac{r}{2l} \cdot \sin 2(\varphi_2 + \Delta\varphi) \right]; \quad (47)$$

$$\frac{\partial x_{B3}}{\partial \varphi_2} = -r \cdot \left[\sin(\varphi_2 + 2\Delta\varphi) + \frac{r}{2l} \cdot \sin 2(\varphi_2 + 2\Delta\varphi) \right];$$

$$\frac{\partial^2 x_{B1}}{\partial \varphi_2^2} = -r \cdot \left(\cos \varphi_2 + \frac{r}{l} \cos 2\varphi_2 \right);$$

$$\frac{\partial^2 x_{B2}}{\partial \varphi_2^2} = -r \cdot \left[\cos(\varphi_2 + \Delta\varphi) + \frac{r}{l} \cos 2(\varphi_2 + \Delta\varphi) \right]; \quad (48)$$

$$\frac{\partial^2 x_{B3}}{\partial \varphi_2^2} = -r \cdot \left[\cos(\varphi_2 + 2\Delta\varphi) + \frac{r}{l} \cos 2(\varphi_2 + 2\Delta\varphi) \right].$$

В результаті числового експерименту встановлено, що оптимальне значення жорсткості привідного механізму, зведеної до осі обертання кривошипів, установки з енергетично зрівноваженим приводом із наведеними вище параметрами становить

$\bar{n} = 150000 \frac{\dot{I}}{i}$. Визначення оптимального значення жорсткості привідного механізму здійснювалось за методикою, описаною в роботах [21, 22]. При цьому значенні жорсткості спостерігаються мінімальні навантаженні у муфтах привідного механізму. Це значення жорсткості використано в наступних розрахунках.

Для дослідження динаміки руху роликів формуальної установки з урахуванням дисипації при пускогальмівних режимах руху формувальних візків систему рівнянь (34) було доповнено величиною дисипації приводу k :

$$\left\{ \begin{aligned} J_{i1} \cdot \ddot{\varphi}_1 &= \frac{2 \cdot M_{\dot{\varphi}} \cdot u \cdot \eta_i}{1 - \frac{\dot{\varphi}_1 \cdot u}{\omega_0} + \frac{s_{\dot{\varphi}}}{1 - \frac{\dot{\varphi}_1 \cdot u}{\omega_0}}} - \\ &- \bar{n} \cdot (\varphi_1 - \varphi_2) - k \cdot (\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_2); \\ \left[J_{\dot{\varphi}} + m_{B_1} \cdot \left(\frac{\partial x_{B_1}}{\partial \varphi_2} \right)^2 + m_{B_2} \cdot \left(\frac{\partial x_{B_2}}{\partial \varphi_2} \right)^2 + \right. \\ &\left. + m_{B_3} \cdot \left(\frac{\partial x_{B_3}}{\partial \varphi_2} \right)^2 \right] \cdot \ddot{\varphi}_2 + \\ &+ \varphi_2^2 \cdot \left[m_{B_1} \cdot \frac{\partial x_{B_1}}{\partial \varphi_2} \cdot \frac{\partial^2 x_{B_1}}{\partial \varphi_2^2} + \right. \\ &\left. + m_{B_2} \cdot \frac{\partial x_{B_2}}{\partial \varphi_2} \cdot \frac{\partial^2 x_{B_2}}{\partial \varphi_2^2} + \right. \\ &\left. + m_{B_3} \cdot \frac{\partial x_{B_3}}{\partial \varphi_2} \cdot \frac{\partial^2 x_{B_3}}{\partial \varphi_2^2} \right] = \\ &= \bar{n} \cdot (\varphi_1 - \varphi_2) + k \cdot (\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_2) - \\ &- \frac{1}{\cos \beta_1 - f_{i\dot{\varphi}} \cdot \sin \beta_1} \cdot \left[(R_{011} + R_{012} - G) \cdot f_{i\dot{\varphi}} + \right. \\ &\left. + F_{011} + F_{012} \right] \times \\ &\times r \cdot \sin(\varphi_2 + \beta_1) - \\ &- \frac{1}{\cos \beta_2 - f_{i\dot{\varphi}} \cdot \sin \beta_2} \cdot \left[(R_{021} + R_{022} - G) \cdot f_{i\dot{\varphi}} + \right. \\ &\left. + F_{021} + F_{022} \right] \times \\ &\times r \cdot \sin(\varphi_2 + \Delta\varphi + \beta_2) - \\ &- \frac{1}{\cos \beta_3 - f_{i\dot{\varphi}} \cdot \sin \beta_3} \cdot \left[(R_{031} + R_{032} - G) \cdot f_{i\dot{\varphi}} + \right. \\ &\left. + F_{031} + F_{032} \right] \times \\ &\times r \cdot \sin(\varphi_2 + 2\Delta\varphi + \beta_3). \end{aligned} \right. \quad (49)$$

Розв'язавши систему рівнянь (49) визначено та встановлено залежність зміни моменту в муфті в залежності від коефіцієнту дисипації [23]. Аналіз отриманих результатів [23] показує, що для роликів формуальної установки з енергетично зрівноваженим привідним механізмом із вказаними вище параметрами рекомендована величина коефіцієнта дисипації має значення в межах від $k = 6000 \frac{\dot{I} \cdot \bar{n}}{i}$ до $k = 8000 \frac{\dot{I} \cdot \bar{n}}{i}$. Більше значення коефіцієнта дисипації на динаміку установки впливатиме не значно, однак

потребуватиме більшої точності виготовлення привідного механізму [23, 24].

Виходячи із системи рівнянь (49) розраховано та побудовано графіки зміни динамічної складової пружного моменту у муфті $\dot{I}_{i\dot{\varphi}}$ (рис. 7) на ділянці усталеного руху в залежності від часу при значеннях коефіцієнта дисипації $k = 2000 \frac{\dot{I} \cdot \bar{n}}{i}$ (сірий колір) та

$k = 8000 \frac{\dot{I} \cdot \bar{n}}{i}$ (чорний колір). Аналіз цих графіків

показує, що при значенні коефіцієнта дисипації приводу $k = 2000 \frac{\dot{I} \cdot \bar{n}}{i}$ динамічна складова пружного моменту у муфті на усталеному режимі руху змінюється в межах від $\dot{I}_{i\dot{\varphi}} \min = -648,47 \dot{I} \cdot i$ до $\dot{I}_{i\dot{\varphi}} \max = 618,86 \dot{I} \cdot i$, при цьому зміна відхилення динамічної складової пружного моменту у муфті становить $\Delta M_{i\dot{\varphi}} = 1267,33 \dot{I} \cdot i$. При значенні кое-

фіцієнта дисипації приводу $k = 8000 \frac{\dot{I} \cdot \bar{n}}{i}$ момент у муфті на усталеному режимі руху змінюється в межах від $M_{\mu\phi \min} = -594,37 H \cdot m$ до $M_{\mu\phi \max} = 586,24 H \cdot m$, а зміна відхилення динамічної складової пружного моменту у муфті становить $\Delta M_{i\dot{\varphi}} = 1180,61 \dot{I} \cdot i$.

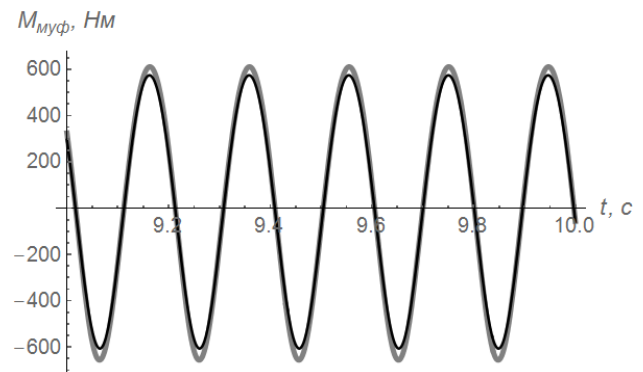


Рис. 7. Графік зміни динамічної складової пружного моменту у муфті $M_{\mu\phi}$ в залежності від часу.

Fig. 7. Schedule changes the dynamic elastic moment coupling $M_{\mu\phi}$ depending on time.

На рис. 8-10 наведено графічні залежності $((\varphi_1 - \varphi_2), (\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_2))$, $((\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_2), (\ddot{\varphi}_1 - \ddot{\varphi}_2))$ та $((\varphi_1 - \varphi_2), (\ddot{\varphi}_1 - \ddot{\varphi}_2))$ при значеннях коефіцієнта дисипації $k = 2000 \frac{\dot{I} \cdot \bar{n}}{i}$ (сірий колір) та $k = 8000 \frac{\dot{I} \cdot \bar{n}}{i}$ (чорний колір) відповідно. Аналіз цих графіків показує їх однаковий характер зміни, однак при значенні коефіцієнта дисипації приводу $k = 2000 \frac{\dot{I} \cdot \bar{n}}{i}$ відхилення різниць куткових координат, куткових швидкостей і куткових прискорень мають значення $\Delta(\varphi_1 - \varphi_2) = 0,0078 \delta \dot{\alpha} \dot{\alpha}$, $\Delta(\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_2) = 0,2495 \delta \dot{\alpha} \dot{\alpha} / \bar{n}$ та

$\Delta(\ddot{\varphi}_1 - \ddot{\varphi}_2) = 8,1022 \delta\delta\ddot{\alpha}/\bar{n}^2$ відповідно, а при значенні коефіцієнта дисипації приводу $k = 8000 \frac{\dot{I} \cdot \bar{n}}{i}$ ці відхилення мають значення $\Delta(\varphi_1 - \varphi_2) = 0,0039 \delta\delta\dot{\alpha}$, $\Delta(\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_2) = 0,1274 \delta\delta\ddot{\alpha}/\bar{n}$ та $\Delta(\ddot{\varphi}_1 - \ddot{\varphi}_2) = 4,1036 \delta\delta\ddot{\alpha}/\bar{n}^2$ відповідно.

Визначені відхилення динамічної складової пружного моменту у муфті, відхилення різниць кутових координат, кутових швидкостей і кутових прискорень відповідають роликовій формувальній установці з енергетично врівноваженим приводом, у якій кут зміщення кривошипів дорівнює $\Delta\varphi = 120^0$.

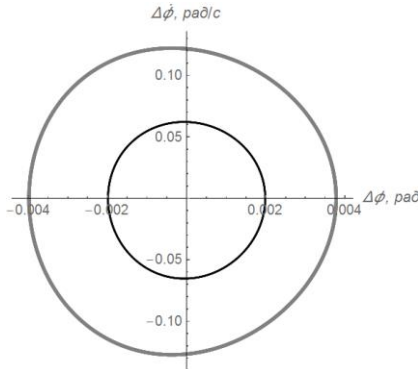


Рис. 8. Графічна залежність $((\varphi_1 - \varphi_2), (\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_2))$.
Fig. 8. Graphical dependence $((\varphi_1 - \varphi_2), (\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_2))$.

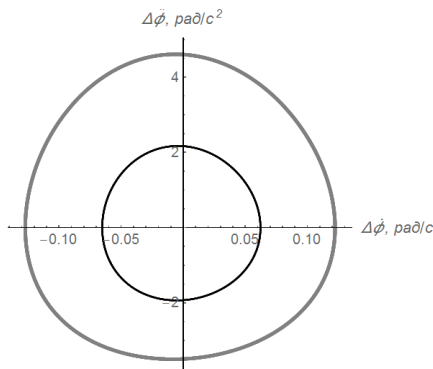


Рис. 9. Графічна залежність $((\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_2), (\ddot{\varphi}_1 - \ddot{\varphi}_2))$.
Fig. 9. Graphical dependence $((\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_2), (\ddot{\varphi}_1 - \ddot{\varphi}_2))$.

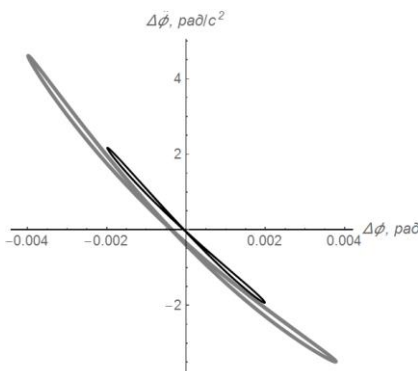
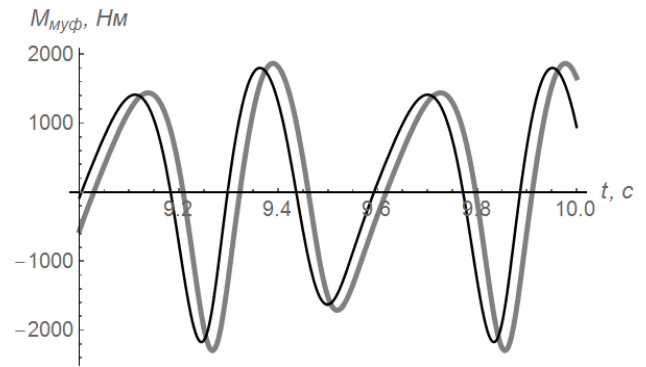
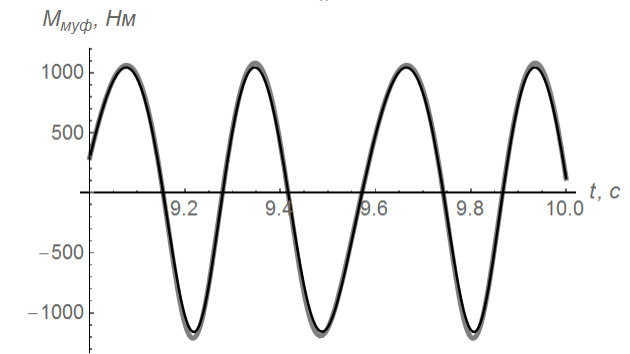


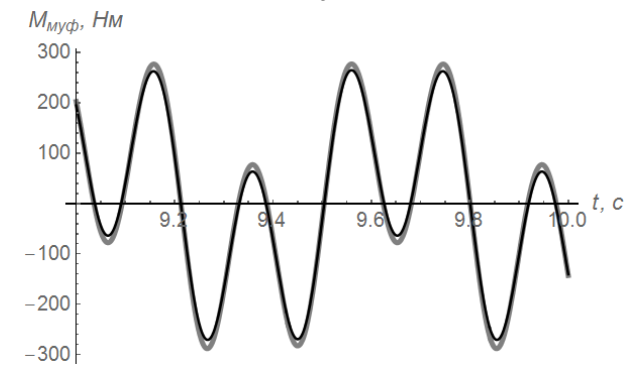
Рис. 10. Графічна залежність $((\varphi_1 - \varphi_2), (\ddot{\varphi}_1 - \ddot{\varphi}_2))$.
Fig. 10. Graphical dependence $((\varphi_1 - \varphi_2), (\ddot{\varphi}_1 - \ddot{\varphi}_2))$.



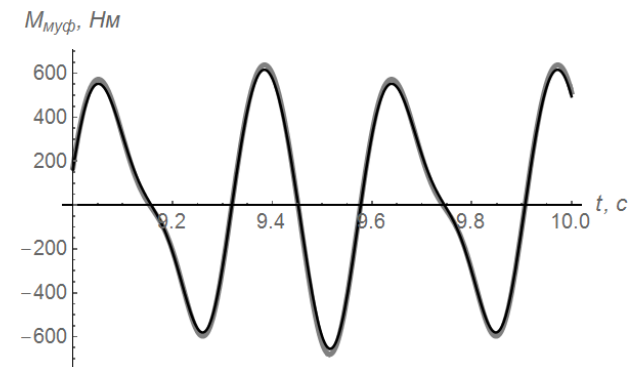
a



б



в



г

Рис. 11. Графіки зміни динамічної складової пружного моменту у муфті $M_{\mu\varphi}$ в залежності від часу при різних значеннях кута зміщення кривошипів: а – $\Delta\varphi = 0^0$; б – $\Delta\varphi = 30^0$; в – $\Delta\varphi = 60^0$; г – $\Delta\varphi = 90^0$.

Fig. 11. The graphs of the variation of the dynamic elastic moment coupling $M_{\mu\varphi}$ depending on time at various values of the angle of displacement of the cranks

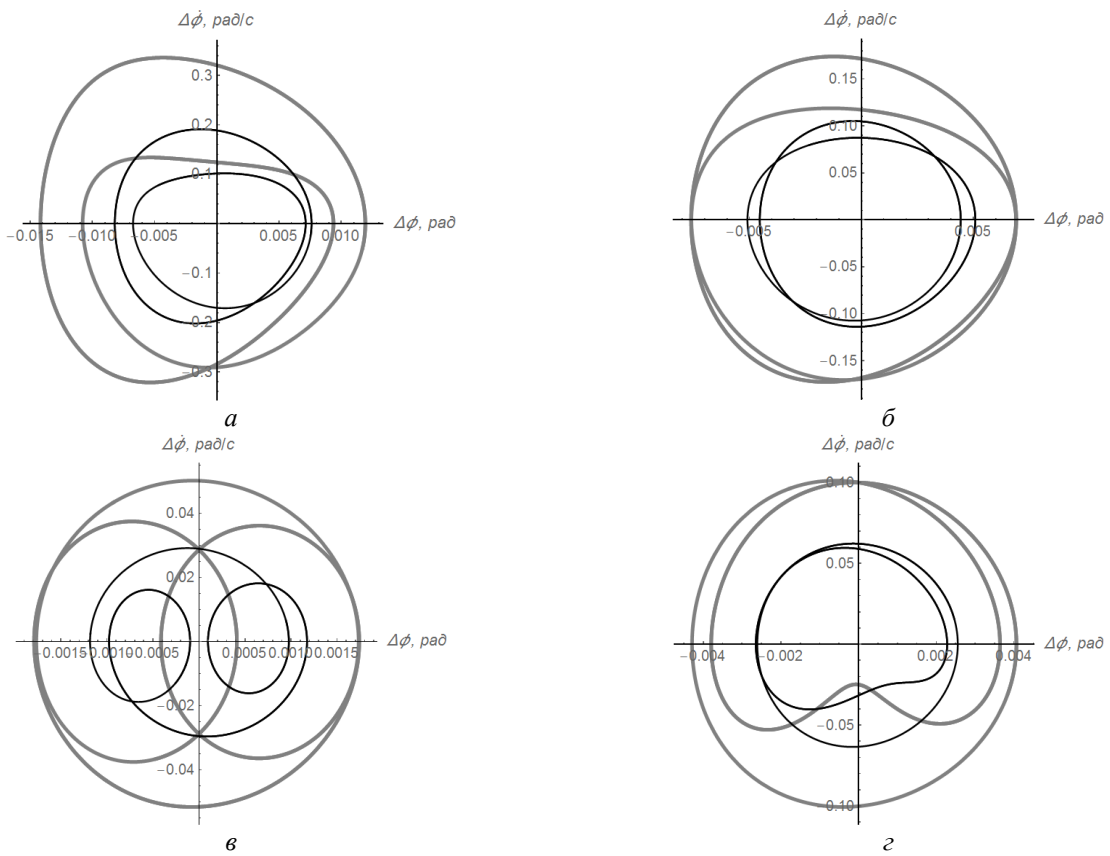


Рис. 12. Графічні залежності $((\varphi_1 - \varphi_2), (\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_2))$ при різних значеннях кута зміщення кривошипів: а – $\Delta\varphi = 0^\circ$; б – $\Delta\varphi = 30^\circ$; в – $\Delta\varphi = 60^\circ$; г – $\Delta\varphi = 90^\circ$.

Fig. 12. Graphical dependence $((\varphi_1 - \varphi_2), (\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_2))$ at various values of the angle of displacement of the cranks.

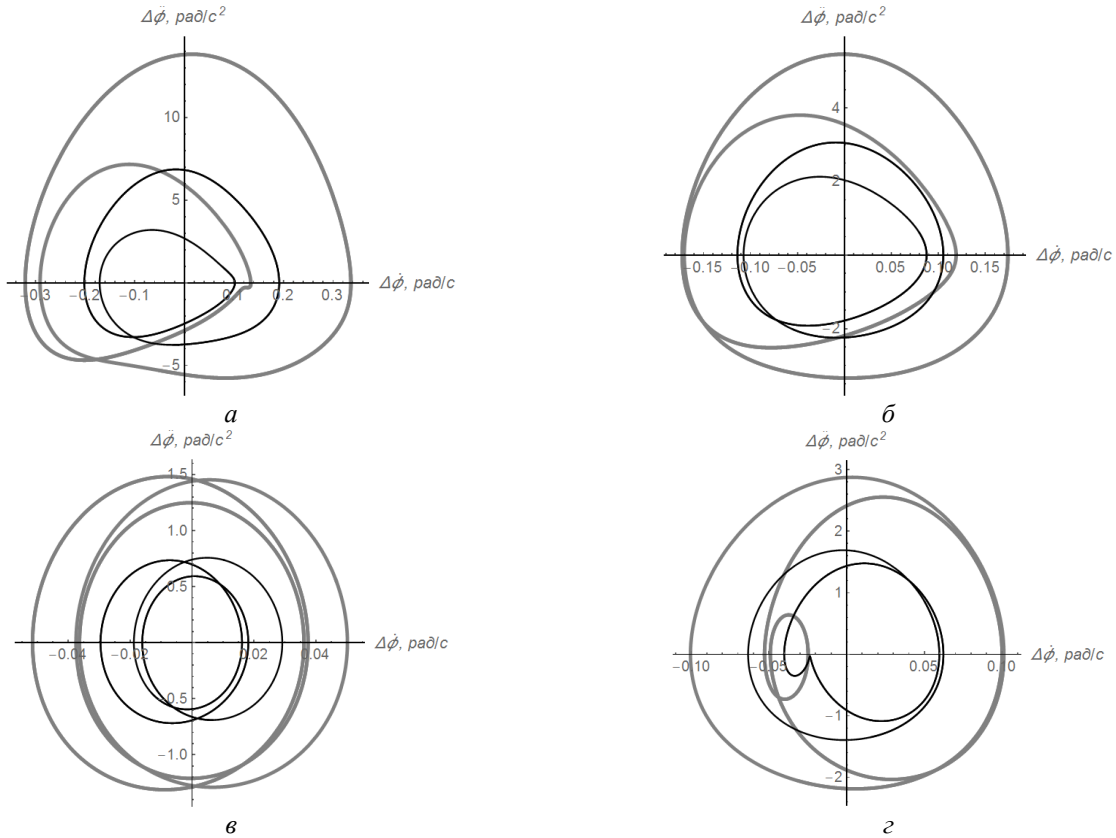


Рис. 13. Графічні залежності $((\ddot{\varphi}_1 - \ddot{\varphi}_2), (\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_2))$ при різних значеннях кута зміщення кривошипів: а – $\Delta\varphi = 0^\circ$; б – $\Delta\varphi = 30^\circ$; в – $\Delta\varphi = 60^\circ$; г – $\Delta\varphi = 90^\circ$.

Fig. 13. Graphical dependence $((\ddot{\varphi}_1 - \ddot{\varphi}_2), (\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_2))$ at various values of the angle of displacement of the cranks.

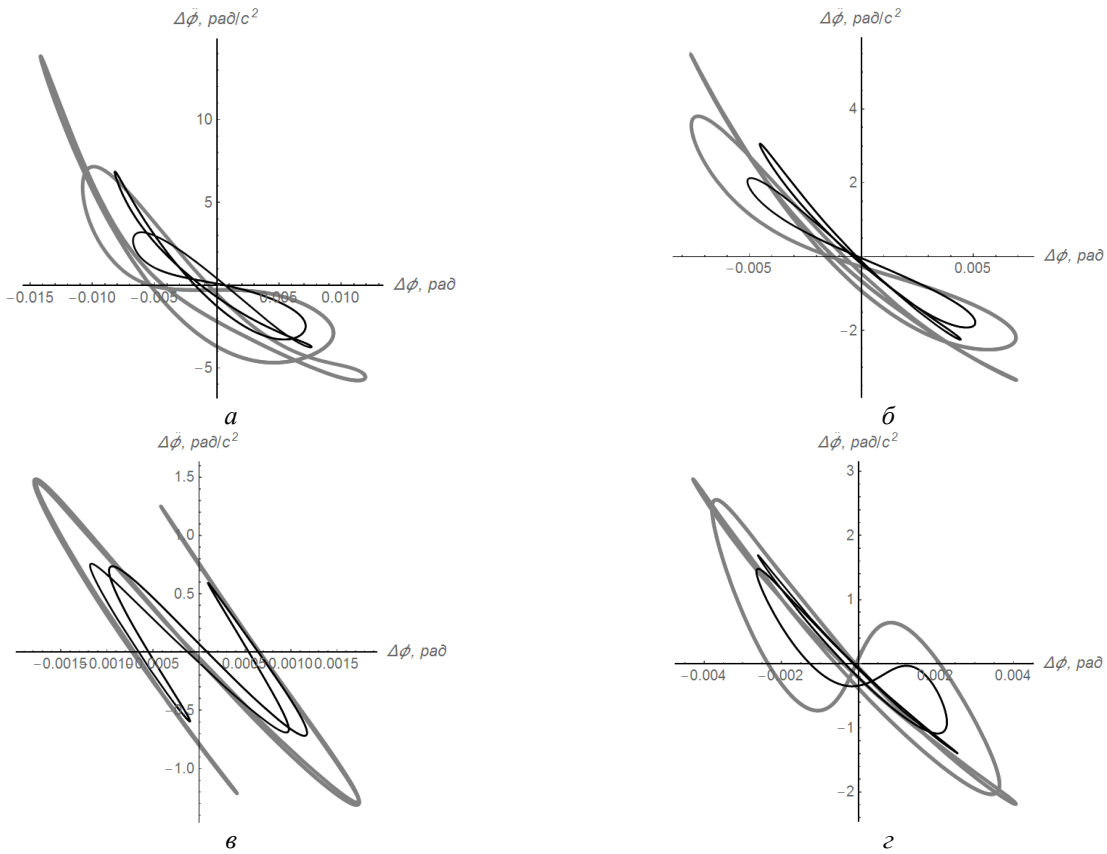


Рис. 14. Графічні залежності $((\varphi_1 - \varphi_2), (\ddot{\varphi}_1 - \ddot{\varphi}_2))$ при різних значеннях кута зміщення кривошипів: а – $\Delta\varphi = 0^0$; б – $\Delta\varphi = 30^0$; в – $\Delta\varphi = 60^0$; г – $\Delta\varphi = 90^0$.

Fig. 14. Graphical dependence $((\varphi_1 - \varphi_2), (\ddot{\varphi}_1 - \ddot{\varphi}_2))$ at various values of the angle of displacement of the cranks.

Таблиця 1. Результати розрахунків.

Table 1. The results of the calculations.

$\Delta\varphi$, град	$\Delta M_{i\dot{\omega}\dot{\omega}}$, $\dot{I} \cdot \dot{i}$	$\Delta(\varphi_1 - \varphi_2)$, $\delta\dot{\omega}\dot{\omega}$	$\Delta(\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_2)$, $\delta\dot{\omega}\dot{\omega}/\dot{n}$	$\Delta(\ddot{\varphi}_1 - \ddot{\varphi}_2)$, $\delta\dot{\omega}\dot{\omega}/\dot{n}^2$	$\Delta M_{i\dot{\omega}\dot{\omega}}$, $\dot{I} \cdot \dot{i}$	$\Delta(\varphi_1 - \varphi_2)$, $\delta\dot{\omega}\dot{\omega}$	$\Delta(\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_2)$, $\delta\dot{\omega}\dot{\omega}/\dot{n}$	$\Delta(\ddot{\varphi}_1 - \ddot{\varphi}_2)$, $\delta\dot{\omega}\dot{\omega}/\dot{n}^2$
	$k = 2000 \frac{\dot{I} \cdot \dot{n}}{\dot{i}}$				$k = 8000 \frac{\dot{I} \cdot \dot{n}}{\dot{i}}$			
0	4158,14	0,0261	0,6572	19,585	3971,12	0,0158	0,3931	10,613
10	3919,3	0,0246	0,6151	17,986	3745,51	0,0149	0,3706	9,865
20	3251,91	0,0205	0,5013	13,886	3114,06	0,0126	0,3081	7,899
30	2292,97	0,0145	0,3467	8,803	2203,53	0,0102	0,2192	5,309
40	1722,16	0,0111	0,2162	4,688	1683,16	0,0077	0,1469	3,084
50	1153,61	0,0074	0,1499	3,794	1121,62	0,0049	0,0972	2,316
60	565,44	0,0035	0,1018	2,794	535,74	0,0024	0,0587	1,476
70	972,53	0,0062	0,1314	3,345	938,26	0,0041	0,0822	2,019
80	1117,19	0,0072	0,1389	3,394	1088,41	0,0049	0,0948	2,101
90	1318,4	0,0084	0,2018	5,064	1271,17	0,0052	0,1257	3,086
100	1614,62	0,0101	0,263	7,307	1540,56	0,0059	0,1537	4,154
110	1614,81	0,01	0,2838	8,571	1524,42	0,0056	0,1561	4,586
120	1267,33	0,0078	0,2495	8,102	1180,61	0,0039	0,1274	4,104

Для встановлення впливу кута зміщення кривошипів на вказані параметри в попередніх розрахунках було підставлено різні значення кута $\Delta\varphi$ в межах від $\Delta\varphi = 0^0$ до $\Delta\varphi = 120^0$ з кроком 10^0 при значеннях

коефіцієнта дисипації приводу $k = 2000 \frac{H \cdot c}{m}$ і $k = 8000 \frac{H \cdot c}{m}$.

Результати розрахунків наведено в табл. 1.

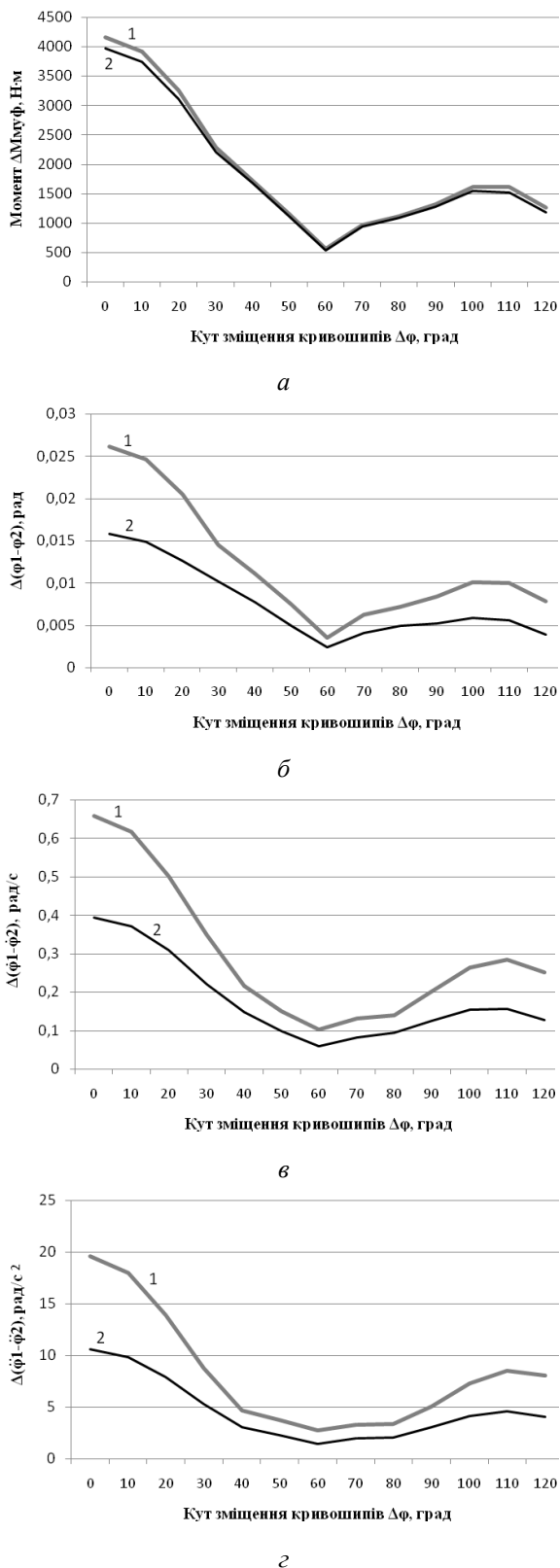


Рис. 15. Графіки зміни відхилення динамічної складової пружного моменту у муфті $\Delta M_{i\delta\delta}$ (а), різниць кутових координат $\Delta(\varphi_1 - \varphi_2)$ (б), кутових швидкостей $\Delta(\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_2)$ (в) та кутових прискорень $\Delta(\ddot{\varphi}_1 - \ddot{\varphi}_2)$ (г) в залежності від кута зміщення кривошипів при значеннях коефіцієнта дисипації приводу $k = 2000 \frac{\dot{I} \cdot \dot{n}}{i}$ (1) та $k = 8000 \frac{\dot{I} \cdot \dot{n}}{i}$ (2).

Також наведено графіки зміни динамічної складової пружного моменту у муфті (рис. 11), графічних залежностей $((\varphi_1 - \varphi_2), (\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_2))$ (рис. 12), $((\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_2), (\ddot{\varphi}_1 - \ddot{\varphi}_2))$ (рис. 13) та $((\varphi_1 - \varphi_2), (\ddot{\varphi}_1 - \ddot{\varphi}_2))$ (рис. 14) для значень коефіцієнта дисипації приводу $k = 2000 \frac{H \cdot c}{M}$ (сірий колір) та $k = 8000 \frac{H \cdot c}{M}$ (чорний колір) при різних значеннях кута зміщення кривошипів $\Delta\varphi$. На основі даних табл. 1 побудовано графіки зміни відхилення динамічної складової пружного моменту у муфті $\Delta M_{i\delta\delta}$ (рис. 15, а), відхилення різниць кутових координат $\Delta(\varphi_1 - \varphi_2)$ (рис. 15, б), кутових швидкостей $\Delta(\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_2)$ (рис. 15, в) та кутових прискорень $\Delta(\ddot{\varphi}_1 - \ddot{\varphi}_2)$ (рис. 15, г) в залежності від кута зміщення кривошипів приводу при значеннях коефіцієнта дисипації приводу $k = 2000 \frac{\dot{I} \cdot \dot{n}}{i}$ та $k = 8000 \frac{\dot{I} \cdot \dot{n}}{i}$.

Аналіз даних табл. 1 та графіків на рис. 15 показує, що відхилення динамічної складової пружного моменту у муфті $\Delta M_{i\delta\delta}$, відхилення різниць кутових координат $\Delta(\varphi_1 - \varphi_2)$, кутових швидкостей $\Delta(\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_2)$ та кутових прискорень $\Delta(\ddot{\varphi}_1 - \ddot{\varphi}_2)$ при значеннях коефіцієнта дисипації приводу $k = 2000 \frac{\dot{I} \cdot \dot{n}}{i}$ та $k = 8000 \frac{\dot{I} \cdot \dot{n}}{i}$ свої мінімальні значення мають при куті зміщення кривошипів $\Delta\varphi = 60^\circ$.

Висновки

1. В результаті проведених досліджень з метою підвищення надійності та довговічності роликів формувальної установки з енергетично зрівноваженим привідним механізмом розраховано навантаження в елементах її конструкції та приводу, визначено функцію зміни необхідного крутного моменту на привідному валу кривошипів для забезпечення процесу ущільнення виробів з будівельних сумішей із врахуванням жорсткості та коефіцієнта дисипації привідного механізму.

2. Для вказаної установки визначено значення жорсткості привідного механізму, зведеної до осі обертання кривошипів, при якому спостерігаються мінімальні навантаження у муфтах приводу.

3. Проаналізовано вплив кута зміщення кривошипів на динаміку установки. Встановлено, що мінімальні значення відхилень динамічної складової пружного моменту у муфті, відхилення різниць кутових координат, кутових швидкостей та кутових прискорень спостерігаються при значеннях кута зміщення кривошипів $\Delta\varphi = 60^\circ$.

4. Результати роботи можуть в подальшому бути корисними для уточнення та удосконалення існуючих інженерних методів розрахунку привідних механізмів

машин роликів формувальних як на стадіях проектування/конструювання, так і в режимах реальної експлуатації.

Список літератури

1. Гарнець В. М. Прогресивні бетоноформуючі агрегати і комплекси. Київ. Будівельник, 1991. 144 с.
2. Гарнець В. М., Зайченко С. В., Човнюк Ю. В., Шаленко В. О., Приходько Я. С. Бетоноформувальні агрегати. Конструктивно-функціональні схеми, принципи дії, основи теорії. Київ. Інтерсервіс, 2015. 238 с.
3. Кузин В. Н. Технология роликового формования плоских изделий из мелкозернистых бетонов: автореф. дис. ... канд. наук. Моск. инж.-строит. ин-т. Москва. 1981. 186 с.
4. Рюшин В. Т. Исследование рабочего процесса и разработка методики расчета машин роликового формования бетонных смесей: дис. ... канд. техн. наук. Киев. инж.-строит. ин-т. Киев, 1986.
5. Ловейкін В. С., Почка К. І. Динамічний аналіз роликової формувальної установки з рекуперативним приводом. *Динаміка, міцність і надійність с.-г. машин: Праці I міжнар. наук.-техн. конф. (DSR AM-I)*. (Тернопіль, 4-7 жовт. 2004). Тернопіль, 2004. С. 507–514.
6. Ловейкін В. С., Почка К. І. Результати експериментальних досліджень режимів руху роликової формувальної установки з рекуперативним приводом. *Вісник Харківського національного університету сільськогосподарства імені Петра Василенка*. 2007. Т. 1. № 59. С. 465-474.
7. Ловейкін В. С., Почка К. І. Синтез кулачкового приводного механізму роликової формувальної установки з комбінованим режимом руху по прискоренню третього порядку. *Наука і техніка*. 2017. Т. 16, № 3. С. 206-214. DOI: 10.21122/2227-1031-2017-16-3-206-214.
8. Loveykin V., Pochka K. Realization of optimum mode of movement of roller forming installation on acceleration of fourth order. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv. Ukraine. 2018. Vol. 9, No. 2. P. 19-26. doi.org/10.31548/me2018.02.019.
9. Ловейкін В. С., Почка К. І. Визначення оптимального значення кута зміщення кривошипів роликової формувальної установки з рекуперативним приводом. *Автоматизація вироб. процесів у машинобуд. та приладобуд.* НУ «Львівська політехніка». 2007. № 41. С. 127-134.
10. Ловейкін В. С., Почка К. І. Визначення навантажень в елементах роликових формувальних установок. *Зб. наук. пр. Укр. акад. залізнич. трансп.* Харків: УкрДАЗТ, 2008. Вип. 88. С. 15-20.
11. Ловейкін В. С., Почка К. І. Визначення навантажень в елементах роликової формувальної установки. *Теорія і практика буд-ва*. 2007. № 3. С. 19-23.
12. Ловейкін В. С., Почка К. І. Дослідження динамічних навантажень в елементах роликових формувальних установок. *Vznik moderni vedecke – 2012. Materialy VIII mezinarodni vedecko-prakticka conference – Dil. 18. Technicke vedy. Moderni informacni technologie*: Praha. Publishing House “Education and Science” s.r.o. P. 20-25.
13. Ловейкін В. С., Почка К. І. Дослідження навантажень в елементах роликової формувальної установки з врівноваженим приводом. *Автоматизація вироб. процесів у машинобуд. та приладобуд.* НУ «Львівська політехніка», 2015. Вип. 49. С. 73-79.
14. Ловейкін В. С., Почка К. І. Аналіз динамічного урівноваження приводов машин роликового формования. *MOTROL. Commission Motorization and Energetics in Agriculture*. Lublin-Rzeszow. 2016. Vol. 18. No 3. P. 41-52.
15. Патент України на корисну модель № 50032 У. Установка для формования изделий з бетонних сумішей. Ловейкін В.С., Почка К.І. – № у 200911443 заявл. 10.11.2009; опубл. 25.05.2010, Бюл. № 10.
16. Ловейкін В. С., Почка К. І. Обґрунтування параметрів енергетично врівноваженого приводу роликової формувальної установки. *Науково-технічний журнал «Техніка будівництва»*. 2014. № 32. С. 25-32.
17. Ловейкін В. С., Почка К. І. Аналіз нерівномірності руху роликової формувальної установки з енергетично врівноваженим приводом. *Вібрації в техніці та технологіях*. 2010. № 4 (60). С. 20-29.
18. Ловейкін В. С., Ковбаса В. П., Почка К. І. Динамічний аналіз роликової формувальної установки з енергетично врівноваженим приводом. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК*. 2010. Вип. 144, ч. 5. С. 338-344.
19. *Электротехнический справочник*. В 3 т. Т. 2. Электротехнические изделия и устройства (гл. ред. И. Н. Орлов). 7-е изд., испр. и доп. Москва. Энергоатомиздат, 1986. 712 с.
20. Шейнблит А. Е. Курсовое проектирование деталей машин: учеб. пособ. для техникумов. Москва. Высшая школа. 1991. 432 с.
21. Дегтярев Ю. И. Методы оптимизации. Москва. Советское радио, 1980. 272 с.
22. Реклейтис Г., Рейвиндран А., Рэгсдел К. Оптимизация в технике. В 2-х кн. Кн. 1. Пер. с англ. Москва. Мир, 1986. 352 с.
23. Loveykin V. S., Pochka K. I., Romasevych Yu. O. Modeling Roller Forming Unit Dynamic Analysis with Energy Balanced Drive Dissipative Properties Taken into Account. *Проблеми машинобудування*. 2018. Т. 21, № 2. С. 32-44.
24. Ловейкін В. С., Почка К. І., Ромасевич Ю. О., Ловейкін Ю. В. Динамічний аналіз роликової формувальної установки з урахуванням дисипативних властивостей врівноваженого приводного механізму. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv. Ukraine. 2018. Vol. 9, No. 3. P. 45-58. doi.org/10.31548/me2018.03.045.

References

1. Garnec, V. M. (1991). Progressive concrete the forming units and complexes. Kyiv: Budivelnik.
2. Garnec, V. M., Zajchenko, S. V., Chovnjuk, Ju. V., Shalenko, V. O. & Prihodko Ja. S. (2015). Concrete the

forming units. Constructive and functional to the scheme, principle of action, theory basis. Kyiv: Interservis.

3. *Kuzin, V. N.* (1981). Technology of roller formation of flat articles from fine-grained concrete. (Extended abstract of candidate thesis). Moscow construction institute, Moscow, USSR.

4. *Rjushin, V. T.* (1986). Research of working process and development of a method of calculation of cars of roller formation of concrete mixes. (Unpublished candidate thesis). Kyiv construction institute, Kyiv, USSR.

5. *Loveikin, V. S. & Pochka, K. I.* (2004). The dynamic analysis of roller forming installation with the recuperativ drive. Dynamics, durability and reliability of farm vehicles. Works of the first International scientific and technical conference (DSR AM-I), 507-514. Ternopil.

6. *Loveikin, V. S. & Pochka, K. I.* (2007). Results of pilot studies of the modes of the movement of roller forming installation with the recuperativ drive. The bulletin of the Kharkov national university of agriculture of P. Vasilenko, vol. 1, No. 59, 465-474.

7. *Loveikin, 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. No. 16 (3), 206-214. (in Russian) DOI: 10.21122/2227-1031-2017-16-3-206-214.

8. *Loveikin, V. & Pochka, K.* (2018). Realization of optimum mode of movement of roller forming installation on acceleration of fourth order. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. Vol. 9. No. 2, 19-26. doi.org/10.31548/me2018.02.019.

9. *Loveikin, V. S. & Pochka, K. I.* (2007). Determination of optimum value of a corner of shift of cranks of roller forming installation with the recuperative drive. Automation of productions in mechanical engineering and instrument making, National University "Lviv Poly-equipment", No. 41, 127-134.

10. *Loveikin, V. S. & Pochka, K. I.* (2008). Definition of loadings in elements of roller forming installations. Collection of scientific works of Ukrainian state academy of railway transport, No 88, 15-20.

11. *Loveikin, V. S. & Pochka, K. I.* (2007). Definition of loadings in elements of roller forming installation. Theory and practice of construction, No. 3, 19-23.

12. *Loveikin, V. S. & Pochka, K. I.* (2012). Research of dynamic loadings in elements of roller forming installations. Formation of Modern Science – 2012: Materials VIII of the intern. sci. and pract. conf. Section 18. Technical science. Formation of information technologies, Praha, 20-25.

13. *Loveikin, V. S. & Pochka, K. I.* (2015). Research of loadings in elements of roller forming installation with the balanced drive. Automation of productions in mechanical engineering and instrument making, National University "Lviv Poly-equipment", No 49, 73-79.

14. *Loveikin, V. S. & Pochka, K. I.* (2016). Analysis of dynamic equilibration of drives of cars of roller formation. MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture, Lublin-Rzeszow, vol. 18, No 3, 41-52.

15. Pat. 50032 UA, IPC B28B 13/00, Installation for formation of products from concrete mixes, *Lovejkin, V. S., Pochka, K. I.*, Publ. 25.05.2010.

16. *Loveikin, V. S. & Pochka, K. I.* (2014). Justification by the parameter of energetically balanced drive of roller forming installation. Technology of construction, No. 32, 25-32.

17. *Loveikin, 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.

18. *Loveikin, V. S., Kovbasa, V. P. & Pochka, K. I.* (2010). The dynamic analysis of roller forming installation with energetically balanced drive. Scientific bulletin of the National university of bioresources and environmental management of Ukraine. Series of the technician and power engineering specialist of agro-industrial complex, Iss. 144, Pt. 5, 338-344.

19. *Orlov, I. N.* (1986). Electrotechnical reference book. Vol. 2. Electrotechnical products and devices. Moscow: Jenergoatomizdat, 712.

20. *Shejnblit, A. E.* (1991). Course design of details of cars: Manual for technical schools. Moscow: Vysshaja shkola, 432.

21. *Degtyarev, Yu. I.* (1980). Optimization methods. Moscow: Sovetskoe radio, 272.

22. *Rekleytis, G., Reyvindran, A. & Regsdel, K.* (1986). Optimization in the equipment. In 2 books. Book 1. Translation from English. M.: Mir, 352.

23. *Loveikin, V. S., Pochka, K. I. & Romasevych, Yu. O.* (2018). Roller forming unit dynamic analysis with energy balanced drive dissipative properties taken into account. Journal of Mechanical Engineering. Vol. 21. № 2, 32-44.

24. *Loveikin, V. S., Pochka, K. I., Romasevych, Yu. O. & Loveikin, Yu. V.* (2018). Dynamic analysis of roller molding installation taking into account dissipative properties balanced drive mechanism. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research.* Kyiv. Ukraine. Vol. 9, No. 3, 45-58. doi.org/10.31548/me2018.03.045.

ВЛИЯНИЕ УГЛА СМЕЩЕНИЯ КРИВОШИПОВ НА ДИНАМИКУ РОЛИКОВОЙ ФОРМОВОЧНОЙ УСТАНОВКИ С УЧЁТОМ ДИССИПАТИВНЫХ СВОЙСТВ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИ УРАВНОВЕШЕННОГО ПРИВОДНОГО МЕХАНИЗМА

*В. С. Ловеїкін, К. І. Почка, Ю. А. Ромасевич,
Ю. В. Ловеїкін*

Аннотация. Для роликовой формовочной установки с энергетически уравновешенным приводным механизмом рассчитаны нагрузки в элементах её конструкции и привода, получены зависимости для определения усилий в шатунах, необходимых для приведения в возвратно-поступательное движение формовочных тележек, и нормальных реакций направляющих движения формовочных тележек на направляющие ролики в зависимости от угла поворота кривошипов. При исследовании нагрузок использована двухмассовая динамическая модель роликовой формовочной установки, в которой учтены силовые и энергетические характеристики приводного двигателя и каждой из формовочных тележек, жёсткость приводного механизма и его диссипация. Определена функция изменения необходимого крутящего момента

та на приводному валу кривошипів для забезпечення процесу уплотнення изделий из строительных смесей с учётом диссипации приводного механизма. По средньому значенню моменту сил сопро­тивлення за цикл повороту кривошипів определена номінальна рас­четная мощность, по которой выбран электродвигатель, подобраны соединительные муфты и редуктор. Используя уравнение Лагранжа второго рода, для роликовой формовочной установки с энергетически уравновешенным приводом, представленной двух­массовой динамической моделью, составлены диффе­ренциальные уравнения движения. В результате чис­лового эксперимента для роликовой формовочной установки с энергетически уравновешенным привод­ным механизмом определено значение жёсткости приводного механизма, приведенной к оси вращения кривошипів, при которой наблюдаются минимальные нагрузки в муфтах приводного механизма. Установ­лена зависимость момента в муфте привода от вели­чины коэффициента диссипации и определена реко­мендованная величина коэффициента диссипации для роликовой формовочной установки с энергетически уравновешенным приводным механизмом. Проанали­зировано влияние угла смещения кривошипів на ди­намику роликовой формовочной установки с энерге­тически уравновешенным приводным механизмом.

Ключевые слова: роликовая формовочная уста­новка, приводной механизм, усилие, момент, жёст­кость, диссипация, динамика.

INFLUENCE OF A CORNER OF SHIFT OF CRANKS
ON DYNAMICS OF ROLLER FORMING
INSTALLATION TAKING INTO ACCOUNT
DISSIPATIVE PROPERTIES OF ENERGETICALLY
BALANCED DRIVING MECHANISM

V. S. Loveikin, K. I. Pochka, Yu. O. Romasevich,
Yu. V. Loveikin

Abstract. For roller forming installation with ener­getically balanced driving mechanism loadings in ele­ments of its design and the drive are calculated, depend­ences for definition of efforts in the connecting rods nec­essary for reduction in back and forth motion of forming carts, and normal reactions of guides of the movement of forming carts to the directing rollers depending on an angle of rotation of cranks are received. At a research of loadings the two-mass dynamic model of roller forming installation in which power and power characteristics of the driving engine and each of forming carts, rigidity of the driving mechanism and its dissipation are considered is used. Function of change of necessary torque on driving to a shaft of cranks for ensuring process of consolidation of products of construction mixes taking into account dissipation of the driving mechanism is defined. Rated power on which the electric motor is chosen is determined by average value of the moment of forces of resistance for a cycle of turn of cranks, connecting couplings and a reducer are picked up. Using Lagrange's equation of the second sort, for the roller forming installation with ener­getically balanced drive presented by two-mass dynamic model the differential equations of the movement are worked out. As a result of a numerical experiment for roller forming installation with energetically balanced

driving mechanism the value of the rigidity of the driving mechanism brought to an axis of rotation of cranks at which the minimum loadings in couplings of the driving mechanism are observed is defined. The dependence of the moment is installed in the drive coupling from the size of coefficient of dissipation and the recommended dissi­pation coefficient size for roller forming installation with energetically balanced driving mechanism is determined. Influence of a corner of shift of cranks on dynamics of roller forming installation with energetically balanced driving mechanism is analyses.

Key words: roller forming installation, driving mechanism, effort, moment, rigidity, dissipation, dynam­ics.

В. С. Ловейкін ORCID 0000-0003-4259-3900.

К. І. Почка ORCID 0000-0002-0355-002X.

Ю. О. Ромасевич ORCID 0000-0001-5069-5929.

Ю. В. Ловейкін ORCID 0000-0003-4570-563X.

УДК 631.363.21.+621.929.3

ТЕНДЕНЦІЇ ПРИГОТУВАННЯ КОРМОСУМІШЕЙ ДЛЯ КОРІВ В УМОВАХ ТВАРИННИЦЬКОЇ ФЕРМИ ГОСПОДАРСТВА

В. С. Хмельовський

Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна.

Кореспонденція автора: *zaboleg07@ukr.net*.

Історія статті: отримано – грудень 2018, акцептовано – травень 2019.

Бібл. 10, рис. 1, табл. 0.

Анотація. Подальший розвиток сільськогосподарського виробництва, зокрема, галузі тваринництва вимагає не тільки збільшення обсягу, а й зниження собівартості продукції для підвищення її конкурентноздатності. Основними умовами забезпечення цього, поряд з наявністю високопродуктивного стада, є зміцнення кормової бази та повноцінна годівля тварин. Тому необхідно широко використовувати сучасні досягнення з технології виробництва та приготування кормів і годівлі тварин, враховуючи при цьому фізіологічні особливості травлення залежно від їх біологічного виду та віку. Особливого значення такий підхід набуває при годівлі високопродуктивних тварин. Вони потребують збалансованих раціонів з високим рівнем концентрації енергії та особливого чітко визначеного режиму годівлі. Повноцінна збалансована годівля, яка дозволяє підвищити рівень засвоєння поживних речовин кормового раціону і зменшити витрати кормів на одиницю виробленої продукції, реалізується шляхом приготування повнораціонних кормових сумішок. Технологічні схеми приготування кормосумішей для великої рогатої худоби, розрахованими на використання кормових компонентів власного виробництва та закуплених добавок. Проведено аналіз роботи обладнання у технологічних лініях та перелік операцій і послідовність їх реалізації.

Ключові слова: корми, компоненти, повноцінні сумішки кормів, технологічні схеми, основні операції, підготовчо-заклучні операції, послідовність операцій, змішування, велика рогата худоба.

Постановка проблеми

Останні досягнення науки і виробництва вказують на раціональне використання кормових ресурсів як основи ефективного виробництва молока і яловичини.

Подальший розвиток сільськогосподарського виробництва, зокрема, галузі тваринництва вимагає не тільки збільшення обсягу, а й зниження собівартості продукції для підвищення її конкурентноздатності. Основними умовами забезпечення цього, поряд з наявністю високопродуктивного стада, є зміцнення

кормової бази та удосконалення годівлі великої рогатої худоби. Відомо, що затрати на приготування кормів складають 50-60% від загальної трудомісткості виробництва продукції тваринництва, а економічні витрати, пов'язані з кормами, становлять близько 40-80 % її собівартості. Тому необхідно в повній мірі використовувати сучасні досягнення з технології виробництва та приготування кормів і годівлі тварин, враховуючи при цьому фізіологічні особливості травлення залежно від їх біологічного виду, вікових, фізіологічних та продуктивних показників тварин.

Особливого значення такий підхід набуває при годівлі тварин високої продуктивності. Вони потребують збалансованих раціонів з високим рівнем концентрації енергії та чітко визначеного режиму годівлі. Повноцінна збалансована годівля, яка дозволяє підвищити рівень засвоєння поживних речовин кормового раціону і зменшити витрати кормів на одиницю виробленої продукції, реалізується шляхом приготування повнораціонних кормових сумішок. Наприклад, порівняно з роздільним використанням кормових ресурсів це дозволяє підвищувати продуктивність великої рогатої худоби на 10-15 % при скороченні питомих витрат кормів на 15-25 % [10, 12].

Крім цього, на здоров'я тварин та їх відтворні функції впливає не тільки поживність кормів раціону, а також їх якість і гігієна годівлі. Ці фактори мають особливе значення при стійловому системі утриманні худоби оскільки корми можуть стати недоброякісними при їх збиранні, переробці, транспортуванні, зберіганні а також при порушенні технології зберігання, забору компонентів, послідовності завантаження компонентів та приготування кормосуміші.

Якість усіх кормів, що входять до складу суміші, має бути високою. Ця вимога зумовлена тим, що велика рогата худоба не може вибирати з суміші окремі її компоненти, тому неякісний корм у її складі може спричинити захворювання тварин або погіршити їхній апетит. Результатом буде зниження запланованої продуктивності тварин.

Найбільш раціональними кормами є 2-3-х компонентні кормові суміші, збагачених необхідними білково-вітамінами та мікродобавками.

Для приготування таких кормів промисловість випускає обладнання для кормоцехів з різними типами змішувачів та багатофункціонального агрегату мобільного типу - мобільних комбінованих кормоприготувальних агрегатів (МККПА). Щоб визначити, який варіант має найбільш досконалу технологічну послідовність виконання операцій необхідно оцінити послідовність операцій технологічних схем роботи обладнання та агрегатів.

Аналіз останніх досліджень

Домінуюче постало питання про розробку механізованих технологій приготування кормосумішок – повноцінних кормових сумішок для худоби.

В Україні дослідженню окремих проблем ефективної годівлі великої рогатої худоби, на основі аналізу енергетичної цінності кормів та оптимізації раціонів годівлі присвятили свої праці багато вчених, зокрема: Богданов Г.О., Петриченко В.Ф., Ібатуллин І.І., Цюпко В.В., Кандиба В.М., Подобед Л.І., Свеженцов А.І., Трішин О.К. та інші.

Аналіз публікацій, присвячених питанням змішування та послідовності змішування компонентів кормосуміші, показує всю складність цього механічного процесу. Істотний внесок у розвиток теорії і практики змішування компонентів з різними фізико-механічними властивостями було подано у працях: Макаров Ю. І., Стренк Ф. [3], Кононов Б. В., Савкевич Д. В., Домащенко Д. О., Іванов Г. Ф.

На підставі попереднього аналізу теоретичних досліджень процесу змішування компонентів, оцінці конструкцій змішувачів та комбінованих агрегатів, аналізу їх переваг і недоліків можна вважати, що запропоновані способи змішування компонентів і конструкції змішувачів не в повній мірі відповідають сучасним зоотехнічним вимогам. Основним недоліком існуючих конструкцій змішувачів є те, що змішуються компоненти, які рухаються паралельними потоками, піддаються рівнозначному впливу робочих органів, внаслідок чого відбувається нерівномірний перерозподіл часток між потоками, яке не забезпечує заданої однорідності суміші, переподрібнення, сепарації [4].

Процес змішування кормів у одновальному лопатевому змішувачі досліджував Ф.К. Новобранцев. Застосовуючи різні форми лопатей змішувача (трикутні, сегментні та ін.), автор встановив залежність якості продукту від частоти обертання вала і форми лопатей, а також визначив конструктивні параметри і оптимальний режим роботи змішувача [2, 3, 4].

Тенденцію зменшення поголів'я тварин на фермах, поява господарств з невеликою кількістю худоби (від 120 до 400 голів) привело до неефективного використання обладнання кормоцехів (типу КОРК-15). [1]. Разом з тим, за результатами проведених досліджень в ННЦ «ІМЕСГ» свідчать, що для сталої продовольчої безпеки країни поголів'я корів у промисловому секторі господарювання має налічувати біля двох мільйонів голів, за умови

середньорічного надою на рівні 7500 літрів на корову [10].

Мета досліджень

Визначення напрямки ефективності приготування кормових сумішей для худоби шляхом обґрунтування переліку та послідовності операцій технологічних схем.

Результати досліджень

Розробкою мобільних машин з виробництва кормових сумішей для корів в сучасних умовах тваринницької ферми займалися наукові інститути України.

ВНДІтвмаш розробив вітчизняний багатофункціональний агрегат мобільного типу для приготування кормосумішок для ферм великої рогатої худоби, який за один цикл послідовно виконував наступні операції: забір із сховищ грубих, зелених чи консервованих кормів, коренеплодів та комбікормів-концентратів з одночасним зважуванням завантаженої порції кожного компонента, подрібнення стеблових та соковитих кормів, змішування кормових компонентів, транспортування кормосуміші до виробничих приміщень, видачу корму в приймальний бункер стаціонарного роздавача або виконання безпосередньої роздачі в годівниці тваринам (керівник робіт Є.І. Храпач) [7].

Широке застосування МККПА у світі зумовлене як перевагами годівлі кормосумішами, так і досконалою конструкцією машин. В Україні такі машини випускає ТДВ «Брацлав», який розробив кормозмішувач-роздавач корму КСП-9 та КСП-12 з вертикальним робочим органом. Разом з тим, продовжується робота з обґрунтування конструкційно-технологічної схеми та основних параметрів і розробки вихідних вимог на причіпний комбайн [8, 9] та покращення його надійності [5].

На європейському ринку представлено більше 40 моделей МККПА. В Україні набули поширення змішувачі-кормороздавачі закордонного виробництва двох типів: із вертикальним і горизонтальним розташуванням подрібнювальних шнеків. Вважається, що машини першого типу краще використовувати, коли до складу кормових сумішей додаються грубі об'ємисті корми, які необхідно в процесі змішування додатково подрібнювати, наприклад сіно або солому. Другого — при приготуванні кормових сумішей, які більшою мірою вимагають якісного змішування зі збереженням структури і розмірів фракцій складових компонентів. За рахунок простішої конструкції змішувачі-роздавачі з вертикальними шнеками дещо дешевші в порівнянні з машинами, що мають робочі шнеки, розташовані горизонтально.

Разом з тим, аналіз сучасної тенденції розвитку сільськогосподарської техніки, свідчать, що в Україні та західній Європі фірми випускають різні комбіновані та універсальні агрегати, призначені для виробництва кормосуміші в умовах тваринницької

ферми. Вказана техніка представлена такими провідними фірмами, як: Kuhn (Франція), Trioliet (Нідерланди), ДеЛаваль (Швеція), Seko (Італія), Rotomix (США) тощо. Така техніка дедалі ширше впроваджується в господарствах України.

На сьогодні в Україні на фермах ВРХ працює понад 120 кормозмішувачів-роздавачів. Виконуючи функції «кормоцехів на колесах», ці машини відрізняються великими різновидами типів і моделей. Місткість різних моделей кормозмішувачів-роздавачів становить від 5 до 45 м³, потужність -- від 48 до 275 к.с. Кожний тип цих машин при використанні в різних умовах має свої переваги і недоліки.

Але загалом, як свідчить досвід використання цієї техніки, порівняно з традиційною технологією дає змогу значно зменшити витрати праці і питому метало- та енергоємність однієї тонни приготованої і розданої на фермі кормосуміши.

Отже, технологічна лінія з приготування та роздавання кормів може складатися з роздільних процесів – приготування кормосуміши (кормоцех) та наступна роздача в годівницю (кормороздавачем) або приготування кормосуміши з різних компонентів та наступна роздача цим же агрегатом готової кормосуміши тваринам на кормовий стіл.

Тому комплект машин для приготування та роздавання кормів можна розділити на дві основні групи:

1) стаціонарні агрегати з приводом від електродвигуна узгоджені в потоково-технологічній лінії (живильники, конвеєри, дозатори, змішувачі) – кормоцехи (типу КОРК-15, КЦК-5) та засоби для роздавання готової кормосуміши,

2) мобільні комбіновані кормоприготувальні агрегати – МККПА [5].

Аналіз переліку та послідовності виконання операцій при приготуванні багатокомпонентних кормосумішей дозволяє оптимізувати даний процес.

Традиційна технологія з використанням стаціонарних кормоцехів базувалася на роздільних покомпонентних операціях (рис. 1а): приготування кормосуміши та роздавання готової кормосуміши у корівниках за допомогою мобільних роздавачів. У нашій країні ця технологічна лінія базувалась на застосуванні універсальних завантажувачів типу ПФ-0,5, мобільних засобах або тракторних причепах, обладнанні технологічних ліній кормоцехів типу КОРК-15 і КЦК-5, роздавачів КТУ-10 і РММ-5. Ця технологія зорієнтована на використання багатокомпонентних сумішей, введення у раціон великої кількості соломи і розрахована на отримання 3,5 – 6,2 тис. л молока на рік. Кормові компоненти під час заготівлі та зберігання мали низьку ступінь підготовки до згодовування, компоненти значно відрізняються за розмірами часток, витрати потужності на приготування 1 м³ кормосуміши в кормоцеху складала від 4 до 8 кВт.

Застосування в раціоні годівлі корів корми, які попередньо підготовлені до згодовування за розміром часток, дозволяють використовувати – МККПА (рис. 1в). Ці комбіновані машини фактично є «кормоцехами на колесах», що забезпечують

виконання наступних зоотехнічних вимог: швидке перемішування компонентів раціону до гомогенної суміші, доподрібнення, збереженням структури грубих і соковитих кормів, точне зважування і дозування складових кормової суміші за технологією "Unifeed", яка дозволяє готувати кормосуміши за заданою масою кожного компоненту.

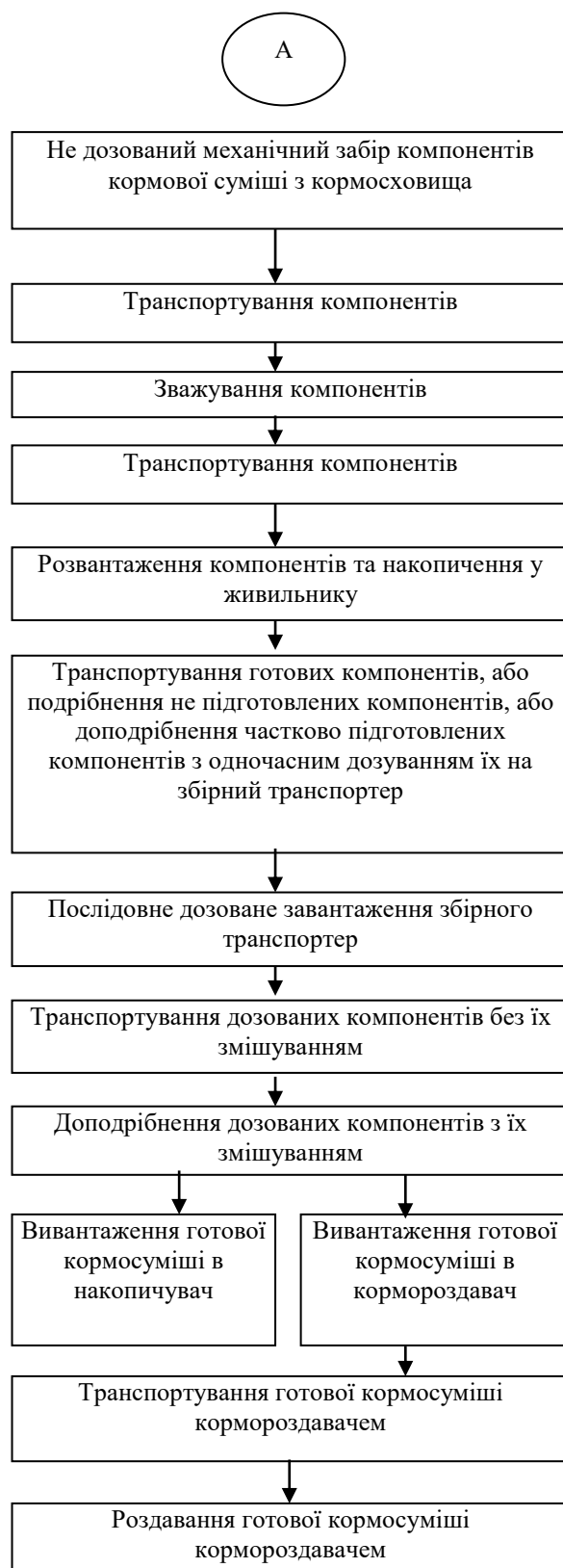




Рис. 1. Структура типових технологічних схем комплектів машин для приготування та роздавання кормів: а – роздільного приготування кормосуміші з компонентів, в умовах стаціонарного кормоприготувального пункту, б – комбінований варіант приготування кормосуміші, в – приготування кормосуміші МККПА з використанням нерегламентованих за розмірами часток різних кормових компонентів, г – приготування кормосуміші МККПА з використанням регламентованих за розмірами часток різних кормових компонентів, д – роздільне згодовування грубих кормів та концентрованих

Fig. 1. Structure of standard technological schemes of kits for preparation and distribution of feed.

При роботі цієї машини виконуються наступні операції: навантаження (використовують грейферні або фронтальні навантажувачі з різним набором навантажувальних пристроїв або самонавантажувач з робочим органом типу – фреза), дозоване зважування, доподрібнення, змішування, транспортування та роздавання кормів. Щоб не змінити структуру кормів, витримується оптимальна тривалість змішування 6 – 10 хвилин. Витрати потужності на приготування 1 м³ кормосуміші складає від 3 до 4 кВт.

Кормороздавачі-змішувачі закордонних фірм забезпечують високу якість виконання технологічного процесу (рівномірність змішування становить 91,3-98,4%, а рівномірність роздавання корму перебуває на рівні 94,8-97,0%) і мають задовільну технічну і технологічну надійність.

Разом з тим, в залежності від існуючих технологій на тваринницькій фермі, тобто, (порядку згодовування концентрованих кормів та грубих кормів) використовують технологію «feeding on three events» (годівля за трьома заходами) роздавання кормосуміші та концентрованих кормів – роздільно (рис. 1д). При роздаванні готової кормосуміші з грубих кормів окремо подаються енергетичні, протеїнові та білкові корма. На кормороздавач навантажують сінаж і силос. Комбікорми видаються за допомогою комп'ютерної установки. Роздавання регулюється за кількістю надоеного молока.

Технологія годівлі збалансованими кормосумішами «total mixing ration» (тотальний змішувальний раціон). Годівля відбувається змішуванням всіх регламентованих компонентів кормосуміші (рис. 1г) та роздавання її в годівницю. Корови одночасно отримують комбікорм, силос, сінаж. В Україні поступово переходять до використання сучасних технологій з застосуванням МККПА, але відсутність в достатній мірі якісної заготівельної техніки, яка б забезпечила при заготівлі кормів регламентований розмір часток, приводить до використання МККПА як стаціонарний кормоприготувальний агрегат з приводом від електродвигуна або ВВП трактора, агрегат може працювати за неперервним або порційним режимом роботи. Компоненти кормосуміші попередньо підвозяться на кормовий майданчик, який розділений на секції та створює запас кормів для роботи агрегату (рис. 1б).

Висновки

1. Вибір технологічної схеми для приготування кормосуміші відрізняються кількістю та послідовністю операцій, що зумовлює: товарним поголів'ям корів та тварин в технологічних групах, якістю заготівлі, підготовки та зберігання кормів, розміром часток компонентів при закладенні кормів на зберігання, технічним забезпеченням комплектом машин з приготування та роздавання кормів, забезпеченість сховищ кормами на запланований період, розташування сховищ кормів відносно приміщень де утримуються корови, технологією згодовування кормів та кормової сумішки, переліком операцій технологічної лінії та їх послідовністю виконання, кадрова підготовка операторів з виконання операцій.

Список літератури

1. *Ревенко І. І., Ревенко Ю. І.* Комплексна оцінка варіантів приготування комбінованих кормів. Техніка АПК. 2000. № 11-12. С. 25-27.

2. *Сорокін В. М.* Аналіз фундаментальних схем приготування комбікормів в умовах господарств і перспективні напрямки їх вдосконалення. Вісник ЛДАУ: Агроінженерні дослідження. 2008. №12. С. 228-234.

3. *Костенко В. І., Заболотько О. О., Хмельовський В. С.* Перспективи використання комбінованого кормоприготувального агрегату для великої рогатої худоби. Вісник ЛДАУ: Агроінженерні дослідження. 2008. № 12. С. 235-238.

4. *Рожківський М. Ф.* Розробка наукових основ, створення і впровадження прогресивних технологій та комплексу машин нового покоління. Механізація та електрифікація сільського господарства. Глевах: ННЦ"ІМЕСГ". 2006. Вип. 90. С. 324-338.

5. *Новицький А. В., Карабінюш С. С., Сиволопов В. Г.* Машини та обладнання для приготування кормів на тваринницьких фермах. Агросектор. 2011. № 2. С. 28-29.

6. *Пилипенко А. Н., Ачкєвич О. М.* Внесок колективу науковців та конструкторів ВНДІтвмаш у розробку комплектів машин для приготування кормосумішок на тваринницьких фермах. Розвиток наукови і технічний ідей. Питання історії науки і техніки. 2010. № 4. С. 31-41.

7. Разработка типоразмерного ряда транспортеров кормовых смесей и отдельных видов грубых и сочных кормов (ленточных, скребковых, винтовых, цепно-планчатых). ВНИИживмаш. Архив ВНИИживмаш. Киев. 1988. 78 с.

8. *Фененко А. І., Ткач В. В., Ткачук С. В.* Перспективи та техніко-технологічне забезпечення галузі молочного тваринництва. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2015. Вип. 212. Ч. 2. С. 27-35.

9. *Заболотько О. О., Сорокін В. М.* Перспективні напрями приготування комбікормів в умовах тваринницької ферми господарства. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2015. Вип. 212/2. С. 103-115.

10. *Водяницький Г. П., Тимків В. В.* До вибору кормороздавача-змішувача для умов тваринницьких ферм с-г підприємств України. Збірник доповідей учасників VI всеукраїнської науково-практичної конференції «Передові технології виробництва і переробки сільськогосподарської продукції, енергозбереження та забезпечення тепловою й електричною енергією. Перспективи та проблеми впровадження в сільське господарство Полісся». 24 листопада 2016 року м. Житомир.

References

1. *Revenko I. I., Revenko Y. I.* (2000). Comprehensive evaluation of alternatives for the preparation of combined feed. Engineering of agroindustrial complex, No. 11-12. 25-27.

2. *Sorokin V. M.* (2008). Analysis of the basic schemes of preparation of mixed fodders in the conditions of farms and perspective directions of their improvement.

Bulletin of LDAU: Agroengineering researches. No 12. 228-234.

3. *Kostenko V. I., Zabolotko O., Khmelevskii V. S.* (2008). Prospects of the use of the combined feed preparation unit for cattle. Bulletin of LDAU: Agroengineering researches. No 12. 235-238.

4. *Rozhkivsky M. F.* (2006). Development of scientific bases, creation and introduction of advanced technologies and a complex of new generation machines. Mechanization and electrification of agriculture: Interdepartmental. thematic sciences save. Glevakha: NSC "IMESG". Vip. 90. 324-338.

5. *Novitsky A. V., Karabinyos S. S., Sivolapov V. G.* (2011). Machines and equipment for feed preparation on livestock farms. Agrarian sector. №2. 28-29.

6. *Pylypenko A. N., Achkevich O. M.* (2010). Contribution of the team of scientists and designers of VNDITvmash to the development of sets of machines for the preparation of feed mixes on livestock farms. Development of scientific and technical ideas. Questions of the history of science and technology, 4. 31-41.

7. Development of a standard size range of conveyors of feed mixtures and individual types of coarse and juicy feeds (tape, scraper, screw, chain-planks). (1988). VNIIZhivmash Archive VNIIZhivmash [Manuscript]. Kyiv. 78.

8. *Fenko A. I.* (2015). Prospects and technical and technological support of the dairy cattle breeding sector of Ukraine. Collection of scientific works "Scientific Bulletin of NUBiP of Ukraine. Series: machinery and power engineering of agroindustrial complex. Vol. 212. Part 2. 27-35.

9. *Zabolotko O. O., Sorokin V. M.* (2015). Perspective directions of preparation of mixed fodders in conditions of livestock farms of economy. Scientific herald of the National University of Bioresources and Nature Management of Ukraine. Series: Machinery and Power Engineering APC. Kyiv. Issue. 212/2. 103-115

10. *Vodyanitsky G. P., Timkov V. V.* (2016). Prior to choosing a feeder-mixer for conditions of livestock farms with agricultural enterprises of Ukraine. Collection of reports of participants of the VI All-Ukrainian Scientific and Practical Conference "Advanced technologies of production and processing of agricultural products, energy saving and providing thermal and electric energy. Prospects and problems of implementation of Polissya agriculture". November 24, Zhytomyr.

ТЕНДЕНЦИИ ПРИГОТОВЛЕНИЯ КОРМОСМЕСЕЙ ДЛЯ КОРОВ В УСЛОВИЯХ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ФЕРМ ХОЗЯЙСТВ

В. С. Хмельовский

Аннотация. Дальнейшее развитие сельскохозяйственного производства, в частности, животноводства требует не только увеличения объема, но и снижение себестоимости продукции для повышения ее конкурентоспособности. Основными условиями обеспечения этого, наряду с наличием высокопроизводительного стада, является укрепление кормовой базы и полноценное кормление животных. Поэтому необходимо широко использовать современные достижения по технологии производства

и приготовления кормов и кормления животных, учитывая при этом физиологические особенности пищеварения в зависимости от их биологического вида и возраста. Особое значение такой подход приобретает при кормлении высокопродуктивных животных. Они требуют сбалансированных рационов с высоким уровнем концентрации энергии и особого четко определенного режима кормления. Полноценная сбалансированное кормление, которая позволяет повысить уровень усвоения питательных веществ кормового рациона и уменьшить затраты кормов на единицу производимой продукции, реализуется путем приготовления полнорационных кормовых смесей. Технология приготовления кормосмесей для крупного рогатого скота, рассчитанными на использование кормовых компонентов собственного производства и закупленных добавок. Проведен анализ работы оборудования в технологических линиях и перечень операций и последовательность их реализации.

Ключевые слова: корма, компоненты, полноценные смеси кормов, технологические схемы, основные операции, подготовительно-заключительные операции, последовательность операций, смешивания, крупный рогатый скот.

TENDENCIES FOR PREPARING CORROSIVE MUSCLES FOR CROPS IN CONDITIONS OF MILITARY FERTILIZERS OF AGRICULTURE

V. S. Khmelevsky

Abstract. Further development of agricultural production, in particular, livestock industry requires not only an increase in volume, but also a decrease in the cost of production to increase its competitiveness. The main conditions for ensuring this, along with the availability of high-yielding herds, is to strengthen the forage base and full feeding of animals. Therefore, it is necessary to make extensive use of modern advances in the technology of production and preparation of feed and feeding animals, taking into account the physiological features of digestion depending on their biological species and age. Particular importance of this approach comes when feeding high-yielding animals. They need balanced rations with a high level of energy concentration and a special well-defined feeding regime. Complete balanced nutrition, which can increase the level of absorption of nutrients feed intake and reduce the cost of feed per unit of manufactured products, realized through the preparation of complete feed the mixed. Technological schemes for the preparation of feed mixes for cattle, designed to use fodder components of own production and purchased supplements. The analysis of work of equipment in technological lines and a list of operations and the sequence of their implementation.

Key words: feed ingredients sumishky complete feed, flow diagrams, basic operations, preparatory and final operations sequence, mixing cattle.

В. С. Хмельовський ORCID 0000-0002-3689-3467.

УДК 339.13

ОЦІНКА РИНКУ ТРАНСПОРТНИХ ПОСЛУГ УКРАЇНИ

О. М. Загурський

Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна.

Кореспонденція автора: zagurskiy_oleg@ukr.net

Історія статті: отримано – лютий 2019, акцентовано – травень 2019.

Бібл. 16, рис. 0, табл. 3.

Анотація. Формуючи стратегію розвитку та функціонування вітчизняних галузевих ринків необхідно підтримувати як суверенітет держави так і сприяти інтеграції економіки країни в світову господарську систему. Особливо це стосується розвитку експорту транспортних послуг шляхом створення умов для залучення транзитних вантажопотоків на територію України.

В статті розглянуто методичні підходи щодо факторів підвищення конкурентоспроможності господарюючих суб'єктів на ринку транспортних послуг в Україні. Серед основних визначено ринкові позиції господарюючих суб'єктів ринку (наявність потенційних конкурентів, ціни, якість) та рівень попиту на ринку (об'єм ринку, платоспроможність споживачів). Оцінено ступінь монополізації, концентрації та конкуренції ринку транспортних послуг.

Результати дослідження свідчать про важливе значення транспортної галузі для економіки країни. Аналіз ринку транспортних послуг показав, що він оптимально конкурентний, має низький ступінь концентрації (коефіцієнта концентрації $CR_5 - 2,3\%$) і влади найбільших логістичних компаній (індекс *HHI* ($0,8 \leq 1000$), що характеризує його як досконалий з високим рівнем конкуренції.

Ключові слова: ємність, концентрація, конкурентоспроможність, монополізація, ринок, транспортні послуги.

Постановка проблеми

Підпорядкування інститутам, що контролюють економіку й визначають основні правила обміну на ринку транспортних послуг, змінює як основні принципи функціонування ринку, засновані на рівності та досконалості конкуренції так і саму його структуру. У стабільні періоди розвитку суспільства, коли правила відомі і беззаперечно виконуються більшістю економічних агентів, результати взаємодій на цьому ринку, як правило, взаємовигідні й передбачувані для всіх учасників. Інша ситуація формується на ринку в періоди політичних або економічних змін. У такі часи ринкові агенти, вступаючи в нові форми взаємодій з метою

виробництва іншого економічного або соціального порядку, намагаються виробити й нові правила, що відповідають їх власним інтересам і разом з тим, будучи невідомими для інших учасників, стають неефективними для більшості учасників ринку.

Дослідження теоретичних та методологічних аспектів розвитку галузевих ринків, механізмів їх управління та моделей розвитку в глобалізованій економіці стає все більш актуальним. Адже формуючи стратегію розвитку та функціонування вітчизняних галузевих ринків необхідно з одного боку відповідати важливому принципу суверенітету держави, а з іншого нагальною на сьогодні є необхідності інтеграції економіки країни в світову господарську систему.

Особливо це стосується розвитку експорту транспортних послуг шляхом створення умов для залучення транзитних вантажопотоків на територію України, розширення географії перевезень та проведення узгодженої транспортної політики з країнами ЄС.

Аналіз останніх досліджень

Вирішенню проблеми врахування галузевих особливостей при оцінюванні конкуренції на ринку присвячено праці вітчизняних і закордонних вчених. А. І. Ігнатюк [1], В. Ландес і Р. Познер [11], Н. С. Носової [3], М. Портера [4], М. Хірші [10], Г. М. Филюк [7] та ряду інших авторів.

Шинкаренко В. Г. та Лазарева Т. Є. пропонують на етапі аналізу факторів конкуренції в автотранспортній галузі здійснювати прогнозування розвитку конкуренції на ринку на основі оцінок зміни дії кожного з факторів. Прогнозна оцінка зміни дії фактора відповідає таким бальним оцінкам: «+1» - дія фактора буде посилюватися, «0» - залишається стабільним, «-1» - буде слабшати. На основі отриманих оцінок прогнозування розвитку кожного фактора визначається середньозважена оцінка прогнозування розвитку сил конкуренції [6].

Проте, не зважаючи на значну кількість напрацювань з проблеми конкуренції на галузевих ринках не обхідно визначити, що транспортний ринок і особливо ринок вантажних перевезень досліджені недостатньо.

Мета досліджень

Метою роботи є аналіз методичних підходів щодо визначення факторів підвищення конкурентоспроможності господарюючих суб'єктів на ринку транспортних послуг в Україні, оцінка ступеня монополізації, концентрації та конкуренції даного ринку.

Результати досліджень

Конкуренція в ринкових умовах виконує ряд важливих функцій – по-перше, спонукає до підвищення ефективності дії ринкових інститутів (наприклад, приватної власності), адже за даного розподілу власності може існувати багато станів конкурентної рівноваги, які відрізнятимуться системою цін та застосовуваними виробничими процесами [8]; по-друге, допомагає ринковим агентам адекватно сприймати сигнали ринку.

З цього приводу Д. Норт зазначає, що «ключовою для інституціональних змін є безперервна взаємодія між інституціями й організаціями в економічному середовищі з його рідкісністю і, отже, конкуренцією» [2, с. 3]. У результаті такої взаємодії породжується три типи інститутів конкуренції: обмежувальні, контрольні та стимулюючі. Дія перших спрямована на обмеження проявів монополізму, других – на контроль за якістю продукції, третіх – на стимулювання інвестування різних форм інновацій (технічних, технологічних, організаційних та інших).

Досліджуючи галузеві ринки слід враховувати, що підприємства за багатьох інших обставин перебувають під впливом як мінімум двох сил: прямих конкурентів і споживачів. Тому при аналізі справедливо використовувати саме асиметрію інформації між продавцем і покупцем про параметри ринку. Оскільки в за такого сценарію є можливим проводити комплексний аналіз ринку і виробляти ефективну державну політику з конкурентної взаємодії господарюючих суб'єктів ринку.

Вибір ключових параметрів ринку при дослідженні визначається факторами, що впливають

на процес ціноутворення в умовах конкуренції. До них відносяться, перш за все, ринкові позиції господарюючих суб'єктів ринку (наявність потенційних конкурентів, ціни, якість) та рівень попиту на ринку (об'єм ринку, платоспроможність споживачів тощо). На наш погляд, даний перелік параметрів є цілком достатнім для посилення конкуренції.

Відповідно аналіз конкурентоспроможності об'єктів, які порівнюються, якщо вони виступають «учасниками конкурентної боротьби» на конкретних ринках має проводитися наступним чином:

- 1) оцінка самого ринку;
- 2) висвітлення його особливостей, які визначають положення учасників на ринку;
- 3) визначення, положення учасників на конкретних ринках.

Поведінка учасників ринку визначається його станом. Серед кількох наявних підходів, що дозволяють охарактеризувати стан ринку, найбільш поширений той, коли характеристику створених відносин представляють як функцію від числа господарюючих суб'єктів, видів діяльності і її масштабів.

Тут, в якості основної характеристики моделі ринку виступає кількість господарюючих суб'єктів і обсягів виробленої продукції, умови рівного доступу до інформації, ідентифікатори споживчих властивостей продукції, її однорідні і неоднорідні властивості, інституціональні умови господарювання, що виражаються в можливості здійснення такої діяльності і відсутності заборон та бар'єрів входження.

Ступінь монополізації та концентрації ринку в економічній літературі оцінюється за допомогою низки коефіцієнтів.

П. Хадвика і В. Доу серед них визначають показник проникнення або рівень місткості ринку (у відсотках) наприклад як частина ринку транспортних послуг в загальному ВВП країни [9, с. 45].

$$\eta_{ВП} = ВП / ВВП * 100\%$$

Цей показник визначає важливість транспортних послуг в економіці країни.

Таблиця 1. Показники рівня місткості ринку транспортних послуг 2012-2016 роки.

Table 1. Indicators of the level of capacity of the transport services market 2012-2016.

Рік	2012	2013	2014	2015	2016
ВВП (млн. грн.)	1459096	1522657	1586915	1988544	2385367
ВП (млн. грн.) – Транспорт, складське господарство, поштова та кур'єрська діяльність	222425	231003	217287	295634	341938
$\eta_{ВП}$ ринку транспортних послуг, %	15,2	15,2	13,7	14,9	14,3

Джерело: розраховано за даними Статистичного щорічника України за 2017 рік Державна служба статистики України 2018 р.

Значення даного показника для транспорту, складського господарства, поштової та кур'єрської діяльності за період 2012-2016 років доволі високе і становить від 13,7 % до 15,2%. Тобто кожна сьома гривня ВВП зароблена в транспортній та поштової

галузях економіки країни, що свідчить про достатньо високий рівень місткості ринку транспортних послуг і велике значення для економіки України самої транспортної галузі.

М. Хірші [10] серед показників структури

товарного, а К. Сує – транспортного ринку [14] серед основних показників монополізації ринку визначають індекс концентрації ринку CR (concentration ratio), який розраховується за допомогою питомої частки суб'єктів господарювання на ринку.

Він показує у відсотках або частках долю лідерів на ринку.

$$CR_k = \sum_{i=1}^k Y_i$$

де Y_i – ринкова частка i -ї фірми; k – число фірм, для

яких вираховується цей показник.

Показник дозволяє розраховувати концентрацію ринку за обсягами робіт або розмірами активів найбільших перевізників, при цьому ігноруючи результати діяльності всіх інших учасників ринку. Якщо значення індексу близьке до 100 %, то ринок визнається монопольним, а якщо воно наближається до нуля, то – конкурентним.

Оцінка рівня сконцентрованості ринку транспортних послуг України нами проведена за показниками концентрації найбільших п'яти найбільш прибуткових логістичних компаній у 2016 році.

Таблиця 2. Коефіцієнт концентрації для перших п'яти логістичних компаній України у 2016 році.
Table 2. Concentration ratio for the top five logistics companies in Ukraine in 2016.

Логістична компанія	Чистий прибуток. млн. грн	К _i , %
Нова пошта	-223	-
Укрпочта	161	2,1
Вестхім Україна	4	0
Кюне и Нагель	10	0,01
ДХЛ*	16	0,02
Транспортна галузь всього	7408,7	100
Коефіцієнт концентрації		2,3

Джерело: складено автором на основі статистичних джерел

Відповідно проведеним розрахункам у 2016 році значення коефіцієнта концентрації CR_5 2,3%, свідчить про те, що ринок транспортних послуг оптимально конкурентний. Він має низький ступінь концентрації і влади п'яти найбільших логістичних компаній, тобто конкуренція на ньому досконала.

О. Герфіндаль й А. Гіршман запропонували визначати ступінь відхилення доходів компаній від нуля за допомогою дисперсії часток доходів, яку назвали показником ринкової конкуренції або показником конкурентності HNI . Чим більшою є така дисперсія, тим більше різняться між собою компанії. Вона визначається індексом Герфіндаля-Гіршмана, який характеризує кореляційні залежності між обсягами доходів, концентрацією перевізників і розраховується як:

$$HNI = \sum_{i=1}^N K_i^2$$

де: N – повне число гравців на ринку [15].

Вираховується він як сума квадратів ринкових часток, тобто

$$HNI = s_1^2 + s_2^2 + \dots + s_n^2,$$

де s_i – частки продажів фірм в галузі в процентах (відношення обсягу продажів фірми до обсягу всіх продажів в галузі).

Якщо на ринку єдина фірма (монополія), а значить, її частка продажів 100%, то індекс Герфіндаля-Гіршмана дорівнює 10000. Якщо на ринку N фірм з рівними частками, то значення індексу $HNI = 10\,000/N$.

Один з недоліків індексу – він вельми чутливий до специфіки конкретного ринку [11; 12] Другий недолік – індекс концентрації не враховує інші важливі характеристики ринку, такі, наприклад, як витрати входу на ринок, диференціацію продуктів, відмінність у витратах [12].

На практиці у більшості випадків дослідники визначають HNI для перших 10, 20, або 50 гравців на ринку. Решта гравців несуттєво впливає на кінцевий результат HNI .

Таблиця 3. Умови для індексу Герфіндаля-Гіршмана HNI .
Table 3. Conditions for the Herfindahl-Girshman HNI .

Умова	Пояснення і регуляторні можливості щодо злиття і поглинання на ринку
$HNI \leq 1000$	Рівень конкуренції є високим. Злиття і поглинання є дозволеними та безперешкодними.
$1000 \leq HNI \leq 1800$	Конкуренція є слабкою. Злиття і поглинання на страховому ринку є дозволеними для $HNI \geq 1800$, якщо після цього зміни індексу малі $\Delta HNI \leq 50$ і потрібна додаткова перевірка регулюючими органами, якщо зміни індексу є великими $\Delta HNI \geq 100$.
$1800 \leq HNI \leq 10000$	Конкуренція є нерозвиненою.

Враховуючи значення попереднього індексу концентрації ринку CR, який для п'яти провідних логістичних компаній склав 2,3% у розрахунку індексу *HHI* ринку транспортних послуг цілком логічним буде припущення про незначну, а отже приблизно рівну долю всіх учасників цього ринку. Тоді взявши лише кількість ліцензіатів, що вказується на сайті Міністерства транспорту та інфраструктури з надання послуг з перевезення вантажів автомобільним транспортом – 12451 [5], маємо значення індексу

$$HHI = 10000/12451 = 0,8.$$

Що ще раз підтверджує висновки про високий рівень конкуренції на ринку транспортних послуг.

Проте, глобалізація світового товарного обміну призвела до певного скасування системи митного протекціонізму національної промисловості в умовах підвищення рівня відкритості локальних ринків. Вільний обіг товарів і фінансів, накладений на уніфіковане в усьому світі споживання, миттєво ліквідує дефіцит промислових товарів на ринку, легко заповнюючи відставання в розвитку національної промисловості імпортом [16]. А за таких умов товарні галузеві ринки формує як продукція відповідних галузей національних економік так і товари транснаціональних корпорацій.

Висновки

1. Проведена оцінка ступеня монополізації, концентрації та конкуренції ринку транспортних послуг в Україні насамперед свідчить про важливе значення транспортної галузі для економіки країни. У 2012-2016 роках рівень місткості ринку транспортних послуг високий і становить 13,7-15,2%. Значення коефіцієнта концентрації CR_5 – 2,3%, свідчить про те, що ринок транспортних послуг оптимально конкурентний. Він має низький ступінь концентрації і влади найбільших логістичних компаній, що і підтвердив індекс *HHI* ($0,8 \leq 1000$), який характеризує ринок транспортних послуг як досконалий з високим рівнем конкуренції.

Виконане дослідження дозволяє сформулювати принципи оцінки конкурентоспроможності:

– принцип комплексності, що означає, що необхідно оцінити фактори як зовнішнього, так і внутрішнього середовища транспортної організації;

– принцип системності, що передбачає, що в основі оцінки лежить структурований набір взаємозв'язаних оціночних показників, що включає рівень окремого суб'єкта транспортної діяльності, рівень регіону, рівень галузі;

– принцип ієрархічності, що означає що інтегральний показник конкурентоспроможності визначається на основі зведених узагальнюючих показників, які розраховуються за частковими показниками;

– принцип гнучкості – перелік показників, що включаються в оцінку конкурентоспроможності,

може коригуватися в міру зміни статистичної звітності;

– принцип інформаційної забезпеченості, який передбачає, включення в систему оцінки конкурентоспроможності показників, що або входять в систему статистичної звітності, або можуть бути розраховані на основі системи статистичної звітності.

Список літератури

1. *Ігнатюк А. І.* Галузеві ринки: теорія, практика, напрями регулювання: монографія. Київ. ННЦ ІАЕ, 2010. 465.
2. *Норт Д. С.* Пять тезисов об институциональных изменениях. Квартальный бюллетень клуба экономистов. Минск : Прописи. 2000. Вып. 4. С. 3-15. URL.: <http://old.research.by/pdf/1999n4r01.pdf>.
3. *Носова Н. С.* Конкурентная стратегия кампании, или маркетинговые методы конкурентной борьбы 2-е издание. Москва : ООО «ИТК «Дашков и К°», 2013. 256.
4. *Портер М.* Международная конкуренция. Москва : Международные отношения, 1993. 896.
5. Статистичні дані по галузі автомобільного транспорту <https://mtu.gov.ua/content/statistichni-dani-po-galuzi-avtomobilnogo-transportu.html>.
6. *Шинкаренко В. Г., Лазарева Т. Є.* Оцінка інтенсивності конкуренції на ринку автотранспортних послуг. Економіка транспортного комплексу: зб. наук. пр. Харк. нац. автомоб.-дор. ун-т; Економіка. Управління. Інновації. Випуск № 4 (19), 2016. С. 60-77.
7. *Филлюк Г. М.* Конкуренція і монополія в епоху глобалізації: монографія. Житомир: Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2009. 404.
8. *Debreu G.* Theory of Value Axiomatic Analysis of Economic Equilibrium. New Haven; London: Yale Universin press, 1959. 114 p. URL.: <http://digamo.free.fr/debreu59.pdf>.
9. *Hardwi P., Dou W.* The Competitiveness of EU In Insurance Industries The Service Industries Journal. 1998. Vol. 18:1. P. 43-48.
10. *Hirschey M.* Market Structure and Market Value The Journal of Business. Vol. 58, No. 1 (Jan., 1985), 89-98.
11. *Landes W., Posner R.* Market power in antitrust cases. Harvard Law Review. 1981. Vol. 94. 937-996.
12. *Lijesen M. G.* Adjusting the Herfindahl index for close substitutes: an application to pricing in civil aviation. Transportation Research Part E. 2004. Vol. 40. 123-134.
13. *Lijesen M. G., Nijkamp P., Rietveld P.* Measuring competition in civil aviation. Journal of Air Transport Management. 2002. Vol. 8. 189-197.
14. *Sys C.* Is the container liner shipping industry an oligopoly? Transport Policy, Volume 16, Issue 5, 2009, 259-270.
15. *Yiping Le, Hitoshi Ieda.* Modified Herfindahl–Hirschman Index for Measuring the Concentration Degree

of Container Port Systems University of Tokyo, 2010. Volume: 2166 issue: 1, 44-53.

16. Zagurskiy O., Ohiienko M., Rogach S., Pokusa T, Rogovskii I, Titova L. Global supply chain in context of new model of economic growth. Conceptual bases and trends for development of social-economic processes. Monograph. Edited by Alona Ohiienko Tadeusz Pokusa Opole. The Academy of Management and Administration in Opole, 2019. P. 64-74.

References

1. Ihnatiuk A. I. (2010). Sectoral Markets: Theory, Practice, Directions of Regulation. Kyiv. NNTs.
2. Nort D. S. (2000). "Five Theses on Institutional Changes", *Kvartal'nyj bjulleten' kluba jekonomistov*. Minsk : Propilei. Vol. 4. 3-15. URL.: http : // old.research.by/pdf/1999n4r01.pdf.
3. Nosova N. S. (2013) Competitive campaign strategy, or competitive marketing techniques. 2nd ed, Moskva : OOO «ITK «Dashkov i K^o».
4. Porter M. (1993) International competition/ Moskva : Mezhdunarodnye otnosheniya.
5. Statystychni dani po haluzi avtomobil'noho transportu <https://mtu.gov.ua/content/statistichni-dani-po-galuzi-avtomobilnogo-transportu.html>.
6. Shynkarenko V. H., Lazarijeva T. Ye. (2016). Estimation of the intensity of competition in the market of motor transport service", *Ekonomika transportnoho kompleksu: zb. nauk. pr. Khark. nats. avtomob.-dor. un-t; Ekonomika. Upravlinnia. Innovatsii*. Vol. 4 (19), 60-77.
7. Fyliuk H. M. (2009). Competition and Monopolies in the Epoch of Globalization. Zhytomyr: Vyd-vo ZhDU im. I. Franka.
8. Debreu G. (1959) *Theory of Value Axiomatic Analysis of Economic Equilibrium*. New Haven; London: Yale Universin press.
9. Hardwi P., Dou W. (1998) "The Competitiveness of EU In Insurance Industries" *The Service Industries Journal*. Vol. 18:1. 43-48.
10. Hirschey M. (1985). Market Structure and Market Value, *The Journal of Business*. Vol. 58, No 1, 89-98.
11. Landes W., Posner R. (1981). Market power in antitrust cases, *Harvard Law Review*. Vol. 94. 937-996.
12. Lijesen M. G. (2004). Adjusting the Herfindahl index for close substitutes: an application to pricing in civil aviation, *Transportation Research Part E*. Vol. 40. 123-134.
13. Lijesen M. G., Nijkamp P., Rietveld P. (2002). Measuring competition in civil aviation, *Journal of Air Transport Management*. Vol. 8. 189-197.
14. Sys C. (2009) "Is the container liner shipping industry an oligopoly?", *Transport Policy*, Volume 16, Issue 5, 259-270.
15. Yiping Le, Ieda H. (2000). Modified Herfindahl-Hirschman Index for Measuring the Concentration Degree of Container Port Systems, *University of Tokyo*, Vol. 2166 issue: 1, 44-53.
16. Zagurskiy O., Ohiienko M., Rogach S., Pokusa T, Rogovskii I, Titova L. (2019). *Global supply chain in context of new model of economic growth*. Conceptual

bases and trends for development of social-economic processes. Monograph. The Academy of Management and Administration in Opole. 64-74.

ОЦЕНКА РЫНКА ТРАНСПОРТНЫХ УСЛУГ УКРАИНЫ

О. Н. Загурский

Аннотация. Формируя стратегию развития и функционирования отечественных отраслевых рынков необходимо поддерживать как суверенитет государства так и способствовать интеграции экономики страны в мировую хозяйственную систему. Особенно это относится к развитию экспорта транспортных услуг путем создания условий для привлечения транзитных грузопотоков на территорию Украины.

В статье рассмотрены методические подходы к факторам повышения конкурентоспособности хозяйствующих субъектов на рынке транспортных услуг в Украине. Среди основных выделены рыночные позиции хозяйствующих субъектов рынка (наличие потенциальных конкурентов, цены, качество) и уровень спроса на рынке (объем рынка, платежеспособность потребителей). Оценена степень монополизации, концентрации и конкуренции на рынке транспортных услуг.

Результаты исследования свидетельствуют о важном значении транспортной отрасли для экономики страны. Анализ рынка транспортных услуг показал, что он оптимально конкурентный, имеет низкую степень концентрации (коэффициента концентрации – 2,3%) и власти крупнейших логистических компаний (индекс ННІ (0,8≤1000)), что характеризует его как совершенный с высоким уровнем конкуренции.

Ключевые слова: емкость, концентрация, конкурентоспособность, монополизация, рынок, транспортные услуги.

EVALUATION OF MARKET OF TRANSPORT SERVICES OF UKRAINE

O. M. Zagurskiy

Abstract. Formulating a strategy for the development and functioning of domestic sectoral markets, it is necessary to support both the sovereignty of the state and promote the integration of the country's economy into the global economic system. This is especially true for the export of transport services by creating conditions for attracting transit traffic to the territory of Ukraine.

In the article is about methodical approaches to factors of increasing the competitiveness of economic entities in the market of transport services in Ukraine. Among the main approaches the market positions of economic entities (potential competitors, prices, quality) and the level of market demand (market volume, consumer solvency). The degree of monopolization, concentration and competition of the market of transport services is estimated.

The analysis of the transport services market has shown that it is optimally competitive, has a low

concentration (concentration ratio - 2.3%) and the power of the largest logistics companies (HHI index ($0,8 \leq 1000$)), which characterizes it as perfect with a high level of competition.

Key words: capacity, concentration, competitiveness, monopolization, market, transport services.

О. М. Загурський ORCID 0000-0002-5407-8466.

УДК 631.356:631.361

ТЕНДЕНЦІЇ КОНСТРУКТИВНОГО УДОСКОНАЛЕННЯ КОМБІНОВАНИХ ОЧИСНИКІВ ВОРОХУ КОРЕНЕПЛОДІВ ЦИКОРІЮ

В. Д. Войтюк, Є. О. Олійник, М. В. Потапенко

Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна.

Кореспонденція авторів: *vdv-tsim@ukr.net*.

Історія статті: отримано – лютий 2019, акцептовано – травень 2019.

Бібл. 9, рис. 6, табл. 0.

Анотація. Цінність коренеплодів цикорію визначається вмістом у них різновидів цукринів – інуліну, фруктози, глюкозиду інтибіну та рідкісних у натуральних продуктах кислот, вітамінів, а також мікроелементів. Гичка коренеплодів є одним із джерел повернення поживних речовин після її розкидання на зібране поле. У статті наведено аналіз конструкцій робочих органів, які призначені для відокремлення ґрунтових і рослинних домішок від коренеплодів цикорію. Проаналізовано характерні конструктивно-технологічні недоліки основних типів комбінованих очисних систем вороху коренеплодів. Запропоновано основні тенденції розвитку та напрямки вдосконалення очисних систем вороху коренеплодів цикорію з використанням комбінованого робочого органу.

Ключові слова: технологічний процес, відокремлення домішок, робочі органи, гвинтовий конвеєр, очисний вал, пружні елементи.

Постановка проблеми

Технологічний процес збирання коренеплодів цикорію регламентується в основному агротехнічними властивостями врожаю, конструкцією робочих органів і компоновальних схем транспортно-технологічних систем машин. Відокремлення домішок від коренеплодів у загальному контексті технологічного процесу роботи коренезбиральних машин є однією із важливих і складних технологічних операцій.

Для очищення вороху коренеплодів цикорію від домішок, які надходять із копачів у доволі значній кількості (3...6 кг/п.м або до 5...10 т із 1 га ґрунтових і рослинних домішок, які знаходяться у різних станах), застосовують різнопланові технології та конструкції очисників, які функціонально відрізняються один від одного [1, с. 69].

Еволюція технічних засобів, які призначені для збирання коренеплодів цикорію, тісно пов'язані з основними аспектами розвитку технологій та способів їх збирання, а також із удосконаленням технологічних операцій збирання коренеплодів (рис. 1а): збирання основного масиву гички та обрізування її залишків на головках коренеплодів цикорію; викопування,

формування валка викопаних коренеплодів; очищення викопаного вороху коренеплодів від компонентів домішок; завантаження очищених коренеплодів у транспортний засіб, або бункер коренезбиральної машини [2, с. 77-79].

Аналіз останніх досліджень

У технології виробництва цикорію найбільш трудомістким і недосконалим є процес викопування коренеплодів з ґрунту та їх очищення від ґрунтових і рослинних домішок. Домішки, які є ґрунтового та рослинного походження, знаходяться відносно коренеплодів у вільному та «зв'язаному» станах: вільні ґрунтові домішки, або сипучий ґрунт, грудки ґрунту різного діаметра – від 20 до 100 мм і різної вологості – від 13 до 28 % [3, с. 112-113] та вільні рослинні домішки, або втрачена гичка, бур'яни; «зв'язані» ґрунтові домішки, або налиплий ґрунт на поверхні тіла коренеплодів та «зв'язані» рослинні домішки, або залишки гички на головках коренеплодів. При цьому особливості структури даного складного та багатогранного робочого реологічного середовища та динамічної системи «коренеплід-домішки-очисник вороху» мають істотний і суттєвий вплив на основні показники технологічного процесу відокремлення домішок від коренеплодів робочими органами очисників [4, с. 153, 167]. Тому для відокремлення домішок, які знаходяться відносно коренеплодів у різних станах, необхідно застосовувати різні види механічної взаємодії різних форм робочих поверхонь очисників із компонентами домішок, які також різні за своїми властивостями. При цьому необхідно забезпечувати максимальне зниження їх кількості (не більше 8...10%), мінімальні пошкодження (до 10...15%) та втрати (до 2,0%) коренеплодів [5, с. 245-248].

У цьому аспекті кількість домішок у коренеплодах цикорію характеризує якість його сировини, а кількість пошкоджень і втрат коренеплодів – масову кількість сировини для переробки, що в обох випадках знижує показники якості та кількість продукції її переробки [6, с. 15, 76-78].

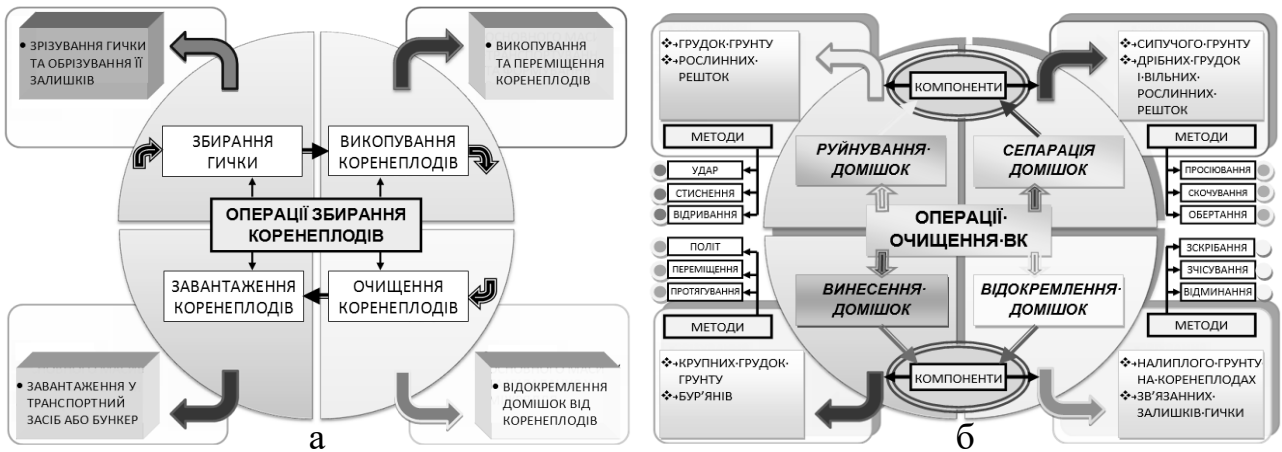


Рис. 1. Структурна схема а – операцій збирання коренеплодів; б – операцій і методів очищення коренеплодів від домішок.

Fig. 1. Structural scheme a – the operations of cleaning of the roots of b – operations and methods for cleaning root crops from impurities.

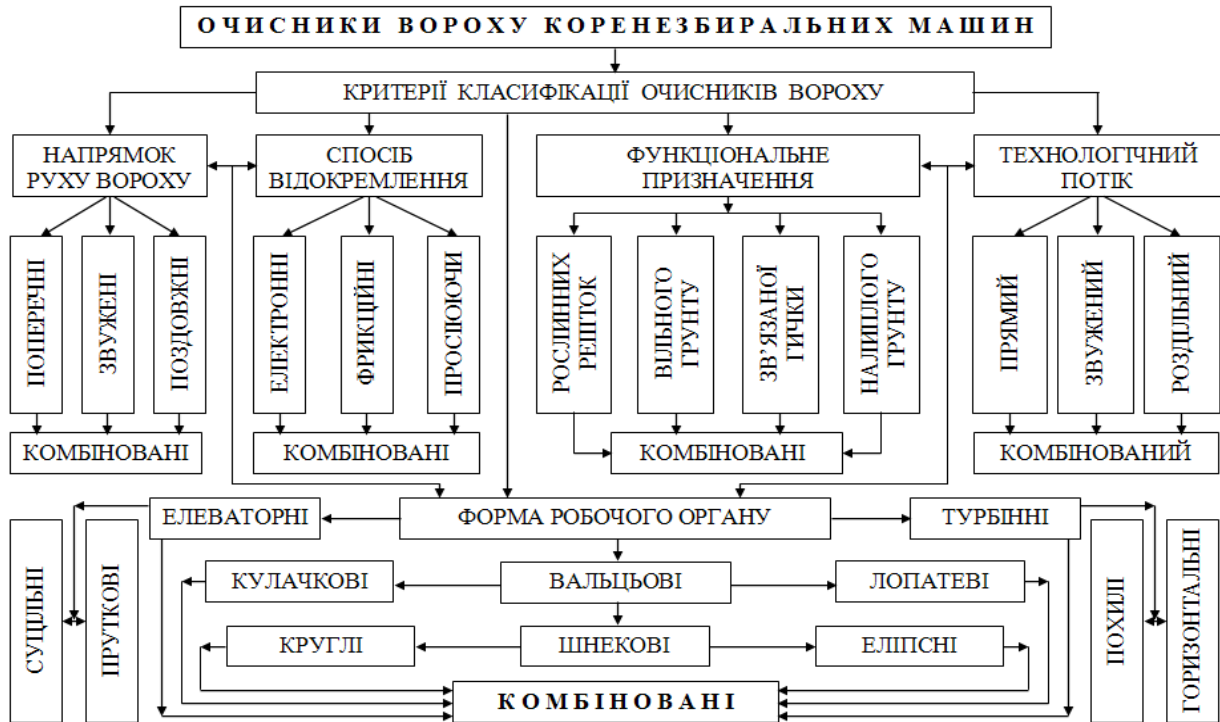


Рис. 2. Класифікація очисників вороху коренеплодів.

Fig. 2. The classification of cleaners of heap roots.

До основних операцій відокремлення домішок від коренеплодів, які виконують очисники коренезбиральних машин, належить:

- руйнування домішок (грудок ґрунту й рослинних решток) методами удару, стиснення, відривання;
- просіювання вільних домішок (сипучого ґрунту, дрібних грудок ґрунту та рослинних решток) методом сепарації домішок через зазори очисних робочих органів;
- відокремлення зв'язаних домішок (налиплого ґрунту та залишків гички на коренеплодах) методами зскрібання, зчісування, відминання.

Як правило, в усіх очисниках вороху очищення коренеплодів відбувається за принципом розділення

розмірних характеристик компонентів вороху та їх фрикційних властивостей за одночасного забезпечення функції переміщення вороху та просіюванням складових компонентів домішок через зазори сепарувальних робочих органів.

Мета досліджень

Метою досліджень є підвищення показників якості роботи коренезбиральних машин шляхом інтенсифікації процесу відокремлення домішок від коренеплодів.

Результати досліджень

В основу вирішення наукової задачі підвищення агротехнічних показників якості роботи коренезбиральних машин покладено гіпотезу, яка передбачає впровадження очисних систем,

побудованих на основі розробки та дослідження очисників з комбінованими робочими органами, застосування яких дозволить інтенсифікувати процеси відокремлення ґрунтових і рослинних домішок від коренеплодів цикорію.

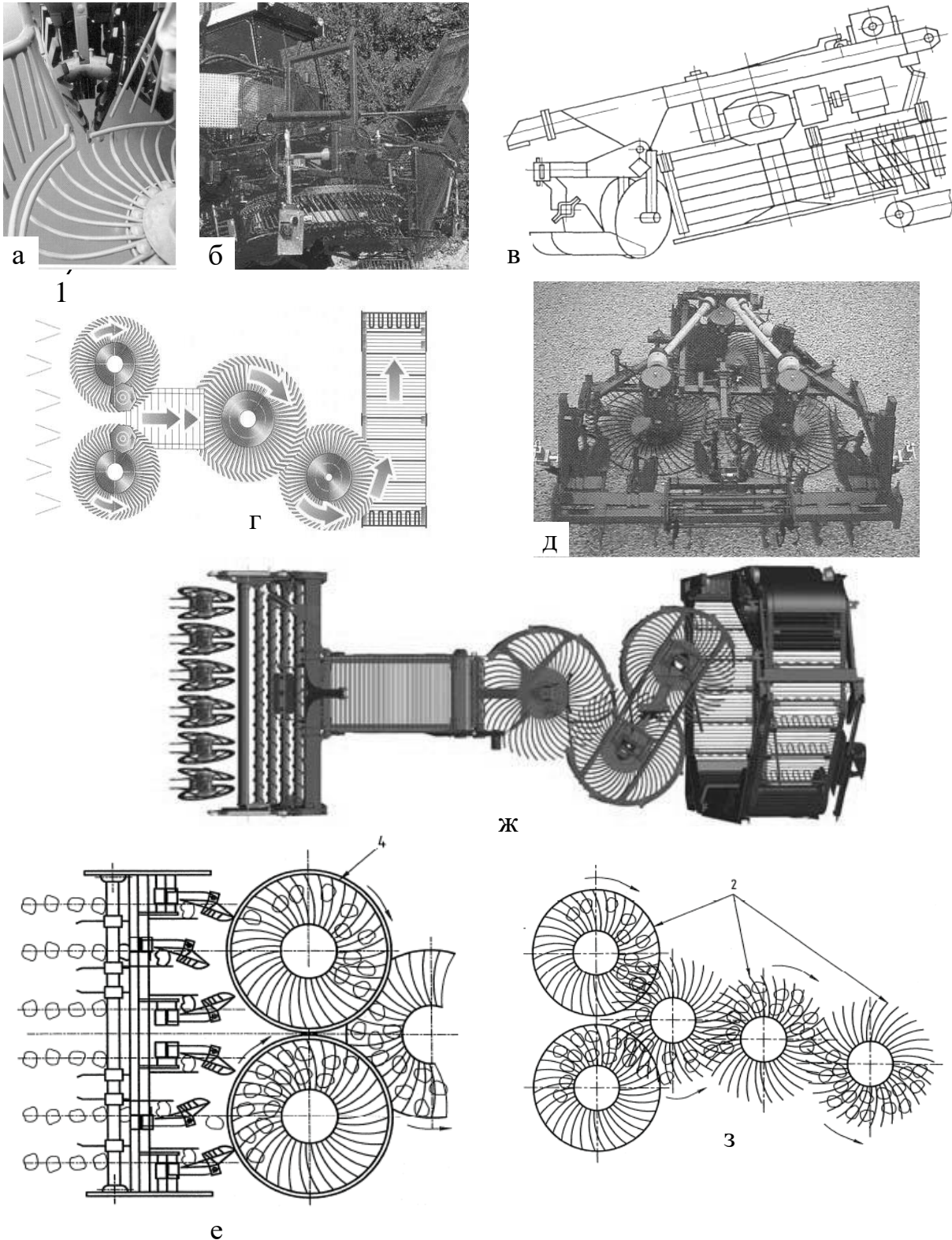


Рис. 3. Загальний вигляд і конструктивні схеми роторних очисників.
Fig. 3. The overall look and design schemes of rotary cleaners.

Наявні та різні за своєю структурою компоновальні схеми та робочі органи очисників і створені на їх базі очисні системи вороху коренеплодів, які відрізняються один від одного не тільки конструктивними критеріями, але й принципом дії або способом відокремлення домішок, регламентується наявністю різноскладових компонентів домішок, які різноманітні за своїм фракційним складом і фізичним станом [5, с. 242-244].

Загальна класифікація очисників вороху коренеплодів наведена на рис. 2.

Комбіновані очисні системи розташовують в кінці технологічного процесу очищення вороху коренеплодів, тобто вже безпосередньо перед фазою завантаження коренеплодів в бункер машини або в технологічний транспорт. Вони є доочисниками, тому що їх функціональне призначення – кінцеве доочищення коренеплодів від домішок і до них висуваються особливі умови, а саме максимальне відділення залишкових домішок при мінімізації пошкоджень і втрат коренеплодів.

До фрикційних очисних робочих органів відносять різні комбінації гірок, як поздовжніх, так і поперечних. Вони виконані у вигляді замкнутих стрічкових транспортерів, напрям руху яких, відповідно, або збігається з напрямком руху вороху, або навпаки. У фрикційних очисниках, для розділення вороху на складові компоненти домішок – вільного ґрунту та втраченої гички, рослинних залишків тощо, використовується різниця коефіцієнтів тертя коренеплодів і домішок.

Очисний ефект, або сепарація домішок у роторних очисниках досягається за рахунок просіювання землі через решітчасту поверхню диска роторної турбіни та направляючих бокових решіток, рис. 3.

Вони застосовуються практично у всіх сучасних західноєвропейських самохідних бункерних комбайнів: “Tim”, “Thyregot” (Данія); “Kleine”, “Stoll”, “Holmer”, “WKM” (ФРН); “Mogean”, “Negriau”, “Matrot” (Франція) тощо.

Очисники роторного типу характеризуються простотою і незначною матеріаломісткістю, однак мають ряд недоліків. Із-за наявності зазору в зоні переходу вороху з одного диска на другий спостерігаються втрати коренеплодів внаслідок вмивання їх в ґрунт, а також згуження маси при сходженні потоків, які поступають з двох дисків. Крім того, роторні очисники травмують коренеплоди при переході їх з одного диска на другий в основному внаслідок злому їх хвостової частини і ефективно працюють лише при великих кутах нахилу дисків (турбін) і центральному куті обтікання очисного ротора не менше 150°, що значно обмежує їх застосування [7, с. 108-110].

Для підвищення процесу очищення вороху коренеплодів від домішок шляхом розмежування напрямків руху компонентів вороху коренеплодів (домішок і коренеплодів) та інтенсифікації відокремлення домішок від коренеплодів запропоновано застосовувати комбіновані очисні системи, які виконано у вигляді різних комбінацій

транспортерних і шнекових очисних робочих органів (рис. 4).

Вони застосовуються залежно від конкретних функцій очисних пристроїв, умов роботи, а також для регулювання ступеня агресивної дії очисних поверхонь на коренеплоди. Тому у компоновальних схемах коренезбиральних машин знаходять застосування очисники, які покращують очищення коренеплодів від домішок за рахунок меншої агресивної дії робочих поверхонь на коренеплоди. Зменшення агресивності впливу робочих органів на коренеплоди в напрямку руху потоку вороху від копача обумовлене тим, що зростає ймовірність взаємодії робочих органів з чистою поверхнею коренеплодів, де пошкодження можуть бути максимальними [8, с. 165].

Недоліками цих очисних систем є незадовільні показники якості очищення вороху коренеплодів в умовах надмірної вологості ґрунту – аналогічно шнекам круглого перерізу еліпсні шнеки залипають вологим ґрунтом і втрачають працездатність, а також наявні пошкодження коренеплодів внаслідок їх вертикального осцилюючого руху при його поздовжньому переміщенню над еліпсними валами [9, с. 300-302].

Підвищення технологічної ефективності очисної системи вороху коренеплодів за рахунок збільшення активності їх робочих поверхонь було досягнуто шляхом розмежування одного суцільного потоку коренеплодів і домішок на два взаємно перпендикулярні потоки, яке реалізовано на основі застосування комбінованих очисників вороху. Базовими елементами очисників, є прутковий транспортер 1 (рис. 5а) та встановлений із зазором над прутками 2 транспортера і перпендикулярно напрямку його швидкості руху робочої гілки V_{mp} відповідного шнека 3.

На трубі 4 шнека по гвинтовій лінії закріплено спіральні витки 5, між якими змонтовано очисні пружні елементи 6, які набрані із пучків ворсу 7. Напрямок навивання гвинтової лінії спіральних витків і очисних пружних елементів зустрічний. За шнеком, у сторону вихідного кінця транспортера змонтовано пару приводних циліндричних відминальних вальців 8 (рис. 5б), які встановлені один над одним і над транспортером.

Відминальні вальці встановлені на шарнірно закріплених верхньому 9 та нижньому 10 важелях.

Поворот нижнього важеля обмежений встановленими упорами 11, а верхній відминальний валець за рахунок пружини 12 виконаний підпружиненим відносно нижнього відминального вальця.

Основним недоліком роботи таких комбінованих очисних систем є незадовільне очищення налиплого ґрунту на поверхні тіла коренеплодів у зв'язку з конструктивною неможливістю ступеневого регулювання необхідної кутової швидкості очисних елементів, яка була б відмінною від кутової швидкості шнека та за якої б забезпечувалося повне відокремлення налиплого ґрунту з поверхні коренеплодів із врахуванням ступеня їх пошкодження.

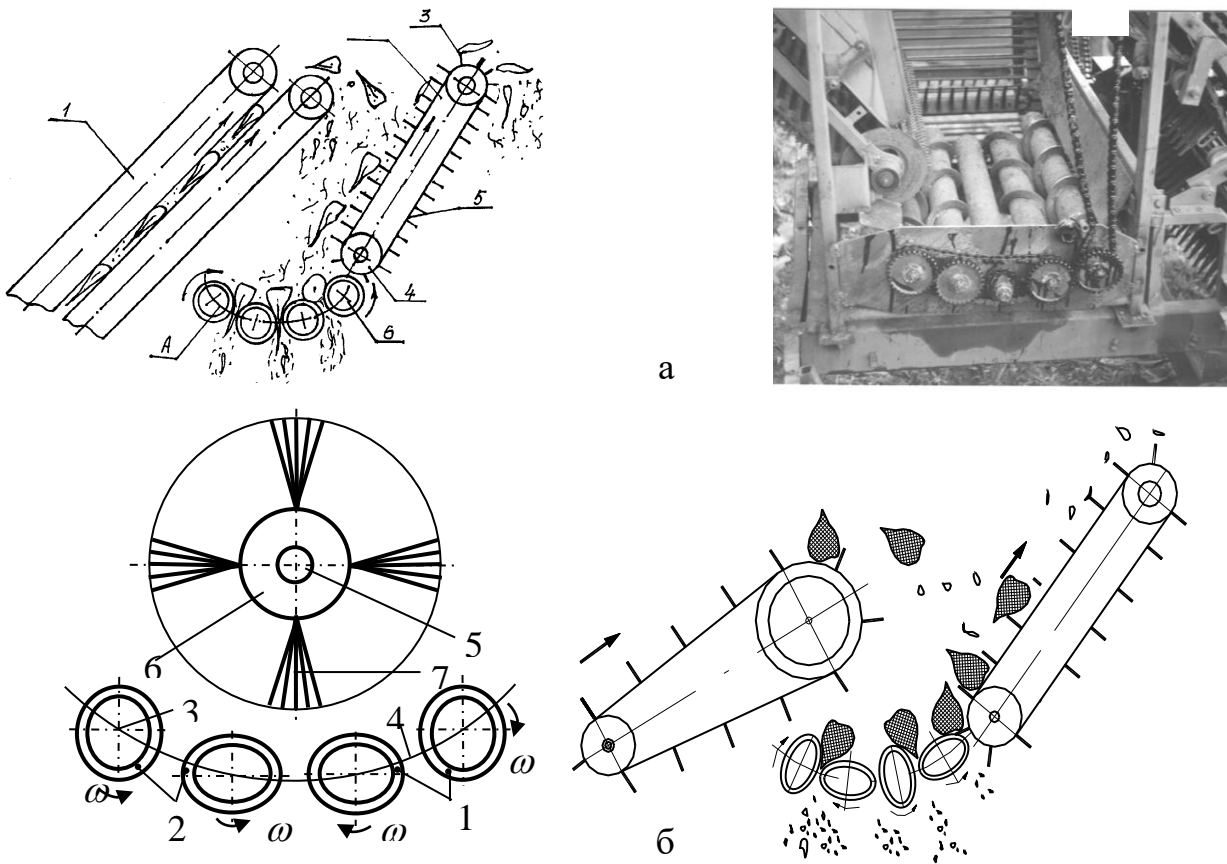


Рис. 4. Схеми та загальний вигляд очисних систем: а – з шнеками круглого перерізу; 1 – транспортер; 2 – пальчикова гірка; 3, 4 – приводний і ведений вал; 5 – палець гірки; 6 – шнековий очисник; б – із еліптичними шнеками; 1, 2 – ліва та права системи еліптичних шнеків; 3 – вісь обертання; 4 – нижня вітка еліпса; 5 – очисний вал; 6 – барабан; 7 – очисні елементи.

Fig. 4. Scheme and general appearance of treatment system.

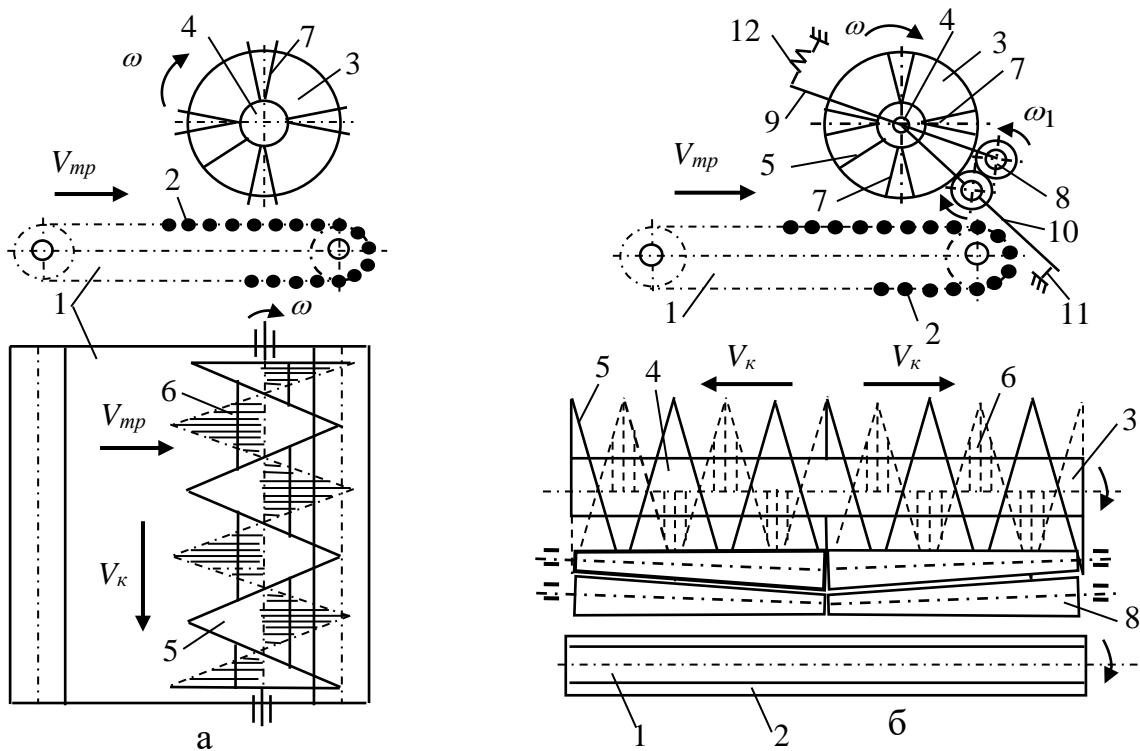


Рис. 5. Конструктивна схема комбінованого очисника.

Fig. 5. Structural diagram of combined purifier.

Але конструктивно-технологічні переваги цих очисних комбінованих систем, або простота конструкції та значний ресурс роботи шнека, задовільні показники якості роботи у важких ґрунтово-кліматичних умовах збирання, є передумовою подальшого удосконалення конструктивно-технологічних ознак функціонування даних комбінованих очисників.

Для реалізації принципів очищення коренеплодів цикорію від домішок і інтенсифікації процесу відокремлення домішок від коренеплодів, запропоновано удосконалену конструктивну схему очисника вороху коренеплодів цикорію з комбінованим робочим органом, яку наведено на рис. 6.

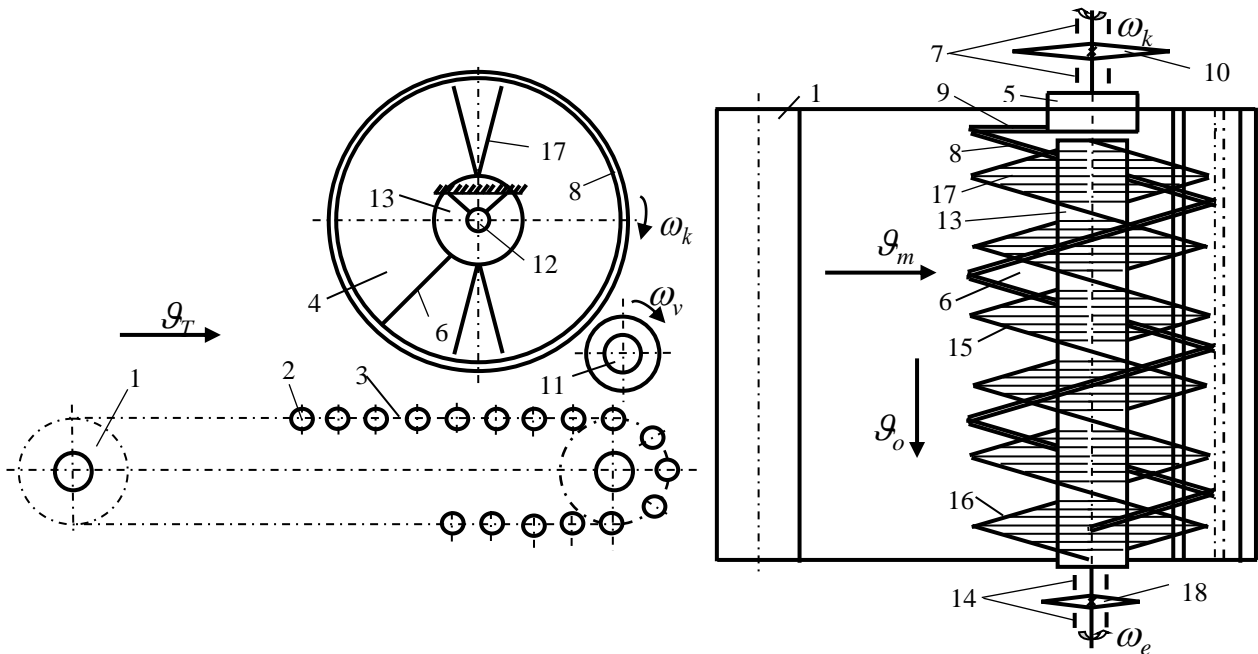


Рис. 6. Конструктивна схема очисника вороху: 1 – подавальний транспортер; 2 – пруток; 3 – робоча гілка; 4 – комбінований робочий орган; 5 – пустотілий гвинтовий циліндр; 6 – виток; 7, 14 – опора; 8 – труба; 9 – фланець; 10, 18 – зірочка; 11 – відкидний валець; 12 – приводний вал; 13 – барабан; 15, 16 – гвинтова лінія; 17 – очисні елементи.

Fig. 6. The constructive scheme of a cleaner heap.

При подачі вороху, складовими компонентами якого є коренеплоди з налиплим ґрунтом і рослинними рештками, залишками гички на головках коренеплодів і без неї, ґрунтові та рослинні домішки до гвинта 4, відбувається заповнення матеріалом простору між спіральними витками 6 пустотілого гвинтового циліндра 5 та простору між спіральними витками 6 гвинта 4 і робочою гілкою 3 подавального транспортера 1.

Спіральні витки гвинта, взаємодіючи з коренеплодами, пересувають їх в сторону, тобто знімають їх з подавального транспортера, при цьому спостерігаються випадки співудару коренеплодів і грудок ґрунту з спіральними витками гвинта.

Грудки ґрунту руйнуються, а вся сипуча земля та дрібні рослинні домішки, або просіюються в отвір між прутками 2 подавального транспортера, або сходять з нього, проходячи через зазор між гвинтом і робочою гілкою 3 подавального транспортера.

Коренеплоди з налиплим ґрунтом і рослинними домішками на їх тілі, а також непросіяні домішки переміщуються спіральними витками гвинта уздовж осей обертання гвинта і відкидного вальця 11.

При цьому, рухаючись в зворотно-поступальному напрямку, пружні очисні елементи 17

приводного вала 12 взаємодіють з тілом коренеплодів, що дозволяє очищати тіло коренеплодів від налиплого ґрунту за рахунок знакоперемінного напрямку прикладання зусиль контакту пружних очисних елементів з поверхнею коренеплодів, а відкидний валець повертає переміщені до нього коренеплоди в зону дії спіральних витків.

За рахунок виконання незалежних приводів 10 і 18, відповідно, гвинта та приводного вала можна незалежно один від одного регулювати числові значення кутової швидкості обертання ω_k гвинта та кутової швидкості обертання ω_e приводного вала, що значно підвищує ступінь відокремлення налиплого ґрунту та рослинних домішок на поверхні тіла коренеплодів.

Крім того, за рахунок виконання напрямку навівання гвинтової лінії 15 пружних очисних елементів одного заходу протилежного напрямку навівання гвинтової лінії 16 пружних очисних елементів другого заходу забезпечується зворотно-поступальний рух пружних очисних елементів, що дозволяє інтенсифікувати процес відокремлення домішок від тіла коренеплодів.

Висновки

1. Таким чином, інтенсифікація технологічного процесу очищення коренеплодів від домішок, особливо відокремлення налиплого ґрунту та рослинних домішок на поверхні тіла коренеплодів, досягається шляхом динамічної дії пружних очисних елементів 17 приводного вала 12 на компоненти домішок вороху коренеплодів за рахунок знакоперемінного напрямку прикладання зусиль контакту пружних очисних елементів до тіла коренеплодів.

Список літератури

1. Барановський В. М. Основні етапи та загальні принципи сучасних тенденцій розвитку коренезбиральних машин. Вісник ТДТУ, 2006. 11, 2, С. 67–75.

2. Барановський В. М., Паньків М. Р., Дубчак Н. А. Аналіз процесу роботи доочисних пристроїв коренезбиральних машин. Вісник ТДТУ, 2007. 12, 1, С. 76–81.

3. Барановський В. М. Результати теоретично-експериментальних досліджень секундної подачі вороху коренеплодів. Механізація сільськогосподарського виробництва, 2008. 75, 1, С. 111–120.

4. Погорельй Л. В., Тат'янка М. В. Свеклоуборочные машины: история, конструкция, теория, прогноз. Киев. 2004. Феникс, 2004, 232 с.

5. Дубровин В., Голуб Г., Барановский В. Идентификация процесса разработки адаптированной корнеуборочной машины. MOTROL. Commission of motorization and energetics in agriculture, 2013. 15,3, С. 243–255.

6. Яценко О. Я. Цикорій коренеплідний: Біологія, селекція, виробництво і переробка коренеплодів: навчальний посібник. Умань: ФЦБ УААН, 2003. 161 с.

7. Барановський В. М., Підгурський М. І., Паньків М. Р. Методологічні та конструктивно-технологічні аспекти розробки адаптованих коренезбиральних машин. Вісник ТНТУ, 2014. 2 (74), С. 106–113.

8. Герасимчук Г., Барановський В. Критерії оцінки технологічної ефективності процесу викопування коренеплодів. Вісник Львівського національного аграрного університету: агроінженерні дослідження, 2009. 14, С. 163–168.

9. Рамш В. Ю., Паньків М. Р., Барановський В. М., Герасимчук Г. А. Аналіз тенденцій розвитку робочих органів для сепарації вороху коренеплодів. Наукові нотатки, 31, 2011. С. 298–305.

References

1. Baranovskyi, V. M. (2006). Osnovni etapy ta zahalni pryntsyry suchasnykh tendentsii rozvytku korenezbyralnykh mashyn. Visnyk TDTU, 11, 2, 67–75.

[in Ukrainian].

2. Baranovskyi, V. M., Pankiv, M. R., Dubchak, N. A. (2007). Analiz protsesu roboty doochysnykh prystroiv korenezbyralnykh mashyn. Visnyk TDTU, 12, 1, 76–81. [in Ukrainian].

3. Baranovskyi, V. M. (2008). Rezultaty teoretychno-eksperymentalnykh doslidzhen sekundnoi podachi vorokhu koreneplodiv. Mekhanizatsiia silskohospodarskoho vyrobnytstva, 75, 1, 111–120. [in Ukrainian].

4. Pogorelyj, L. V., Tat'janko, M. V. (2004). Sveklouborochnye mashyny: istorija, konstrukcija, teorija, prognoz. K. : Feniks, 2004, 232. [in Russian].

5. Dubrovin, V., Golub, G., Baranovskij, V. (2013). Identifikacija processa razrabotki adaptirovannoj korneuborochnoj mashyny. MOTROL. Commission of motorization and energetics in agriculture, 15,3, 243–255. [in Russian].

6. Yatsenko, O. Ya. (2003). Tsykorii koreneplidnyi: Biolohiia, selektsiia, vyrobnytstvo i pererobka koreneplodiv: navchalnyi posibnyk. Uman: FITsB UAAN, 161. [in Ukrainian].

7. Baranovskyi, V. M., Pidhurskyi, M. I., Pankiv, M. R. (2014). Metodolohichni ta konstruktyvno-tekhnolohichni aspekty rozrobky adaptovanykh korenezbyralnykh mashyn. Visnyk TNTU, 2 (74), 106–113. [in Ukrainian].

8. Herasymchuk, H., Baranovskyi, V. (2009). Kryterii otsinky tekhnolohichnoi efektyvnosti protsesu vykopuvannia koreneplodiv. Visnyk Lvivskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu: ahroinzhenerni doslidzhennia, 14, 163–168. [in Ukrainian].

9. Ramsh, V. Yu., Pankiv, M. R., Baranovskyi, V. M., Herasymchuk, H. A. (2011). Analiz tendentsii rozvytku robochykh orhaniv dlia separatsii vorokhu koreneplodiv. Naukovi notatky, 31, 298–305. [in Ukrainian].

ТЕНДЕНЦІЇ КОНСТРУКТИВНОГО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КОМБИНИРОВАННЫХ ОЧИСТИТЕЛЕЙ ВОРОХА КОРНЕПЛОДОВ ЦИКОРИЯ

В. Д. Войтюк, Е. А. Олейник, Н. В. Потапенко

Аннотация. Ценность корнеплодов цикория определяется содержанием в них разновидностей цукринив – инулина, фруктозы, глюкозида интибину и редких в натуральных продуктах кислот, витаминов, а также микроэлементов. Ботва корнеплодов является одним из источников возврата питательных веществ после ее разбрасывание на собранное поле. В статье приведен анализ конструкций рабочих органов, которые предназначены для отделения почвенных и растительных примесей от корнеплодов цикория. Проанализированы характерные конструктивно-технологические недостатки основных типов комбинированных очистных систем вороха корнеплодов. Предложены основные тенденции развития и направления совершенствования очистных систем вороха корнеплодов цикория с использованием комбинированного рабочего органа.

Ключевые слова: технологический процесс, отделение примесей, рабочие органы, винтовой конвейер, очистной вал, упругие элементы.

TRENDS IN CONSTRUCTIVE IMPROVEMENT
OF COMBINED PURIFIERS OF HULLS OF ROOT
CROPS CHICORY

V. D. Voytyuk, Y. O. Olijnyk, M. V. Potapenko

Abstract. The value of the root crops of chicory is determined by the content of their varieties of sugars - insulin, fructose, glycoside of intimate and rare in acids, vitamins and trace elements in natural products. A chickpea root crop is one of the sources of nutrient returns after its spread on the collected field. The article presents an analysis of structures of working bodies, which are intended for separation of soil and vegetable impurities from root crops chicory. The characteristic structural and technological defects of the basic types of combined treatment systems of root crops are analyzed. The main tendencies of development and directions of improvement of chicory root crop treatment systems using the combined working body are stated.

Key words: technological process, separation of impurities, working bodies, screw conveyor, cleaning shaft, elastic elements.

В. Д. Войтюк ORCID 0000-0002-0317-7683.

Є. О. Олійник ORCID 0000-0002-1849-9538.

М. В. Потапенко ORCID 0000-0002-3931-5320.

УДК 534.1.002

РОЗРОБКА РЕКОМЕНДАЦІЙ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ РУХУ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ І ПІШХОДІВ НА ДІЛЯНЦІ ДОРОГИ СЕЛА УСІВКА КИЇВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

І. О. Колосок, І. В. Лаврінець

Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна.

Кореспонденція автора: kolosok@onlain.ua.

Історія статті: отримано – лютий 2019, акцептовано – травень 2019.

Бібл. 10, рис. 5, табл. 3.

Анотація. Розвиток сучасного суспільства характеризується інтенсивною автомобілізацією. Цей процес супроводжується розвитком різних галузей промисловості і сільського господарства, задоволенням культурно-побутових потреб населення.

Автомобілізація як частина загального поступального розвитку суспільства має як позитивні, так і негативні риси. З одного боку, цей процес супроводжується значними економічними вигодами: активізується розвиток різних галузей промисловості і сільського господарства, повніше задовольняються потреби населення у вигляді пасажирських і вантажних перевезень; з іншого – автомобілізація породжує комплекс негативних проблем: ускладнюється процес дорожнього руху, зростають транспортний травматизм та збитки від пошкодження техніки і вантажу та ін. Ускладнення процесу дорожнього руху характеризують через підвищення дорожньо-транспортних пригод (ДТП).

На сьогодні безпека дорожнього руху – одна з найважливіших соціальних та економічних проблем у нашій країні. Зважаючи на незадовільну статистику ДТП в Україні, перед державою стоїть складне та дуже відповідальне завдання зі збереження життя та здоров'я людей, вирішення якого вимагає належної організації заходів із підвищення безпеки дорожнього руху. Об'єднані зусилля щодо покращання безпеки дорожнього руху в країнах Європейського Союзу базуються на висновках оцінки стану безпеки дорожнього руху, а також на результатах наукових досліджень. Вважається, що ДТП є надто складною проблемою, щоб розглядати її методом проб і помилок.

Ключові слова: інтенсивність руху, транспортний засіб, транспортний потік, швидкість руху.

Постановка проблеми

Сучасні транспортні засоби є носієм механічної небезпеки штучного походження, що діє на людину своєю кінетичною енергією та масою. В результаті дії небезпеки, що пов'язана з використанням транспортних засобів можливі тілесні поранення

різних ступенів тяжкості та нанесення матеріального збитку. Жертвами аварій стають водії, пасажирки та інші учасники дорожнього руху. Аварійність на автомобільному транспорті – одна з найгостріших соціально-економічних проблем, що виникла перед більшістю країн з високим рівнем автомобілізації.

Питання безпеки дорожнього руху потребує постійного висвітлення та пошуку оптимальних шляхів покращення стану сучасних доріг, адже на сьогоднішній день це дуже актуально, коли транспортних засобів стало в десятки разів більше, ніж 20-30 років тому.

Аналіз останніх досліджень

Проблемі безпеки дорожнього руху присвячені праці багатьох вітчизняних та іноземних науковців: Бабкова В.Ф., Бадаляна А.М., Гаврилова О.А., Дзюби О.П., Дивочкина О.А., Дрю Д., Дереха З.Д., Єрєсова В.І., Клінковштейна Г.І., Ланового О.Т., Лобанова Є.М., Лук'янова В.В., Поліщука В.П., Сіл'янова В.В., Фішельсона М.С., Халберта С., Четверухіна Б.М., Шештокаса В.В., Юдена К.

Мета досліджень

Метою нашого дослідження є аналіз аварійності на ділянці дороги по вулиці Леніна села Усівка Згурівського району Київської області та розробка заходів щодо підвищення безпеки руху транспортних засобів та пішоходів.

Результати дослідження

Існує кількісний, якісний та топографічний аналіз аварійності [1, 4, 5, 9, 10]. Кількісний аналіз – це оцінка стану аварійності на певній адміністративній території або у транспортній організації та виявлення тенденцій щодо її зміни у зв'язку з профілактичними заходами, що відбуваються. Якісний аналіз – це виявлення причин і факторів, що обумовлюють виникнення ДТП, встановлення ступеню впливу кожного з них на аварійність та розробка заходів

щодо їх усунення. Топографічний аналіз необхідний для виявлення осередків аварійності. Він полягає у прив'язуванні місць здійснення подій до карти або схеми території, що вивчається. У нашому дослідженні ми використали кількісний та якісний аналізи аварійності.

За статистичними даними на ділянці дороги спостерігається таке коливання кількості ДТП за останні п'ять років (рис.1). На досліджуваній ділянці дороги мали місце такі види ДТП: наїзд на перешкоду, зіткнення транспортних засобів, наїзд на велосипедиста та пішоходів (рис. 2). Зокрема, у 2014 році в результаті наїзду на перешкоду 2 особи було

поранено. У 2015 році було зафіксовано такі види ДТП: як зіткнення внаслідок чого було поранено 8 осіб та наїзд на перешкоду, що призвів до смертельного випадку. У 2016 році – при перевищенні безпечної швидкості автомобіль наїхав на велосипедиста, що рухався в попутному напрямку. У 2017 зареєстровано наїзд на пішохода із смертельним випадком та зіткнення внаслідок чого 4 особи було госпіталізовано. У 2018 році виконуючи обгін водій виїхав на смугу зустрічного руху внаслідок чого 2 особи отримали травми несумісні з життям (табл. 1, рис. 3).

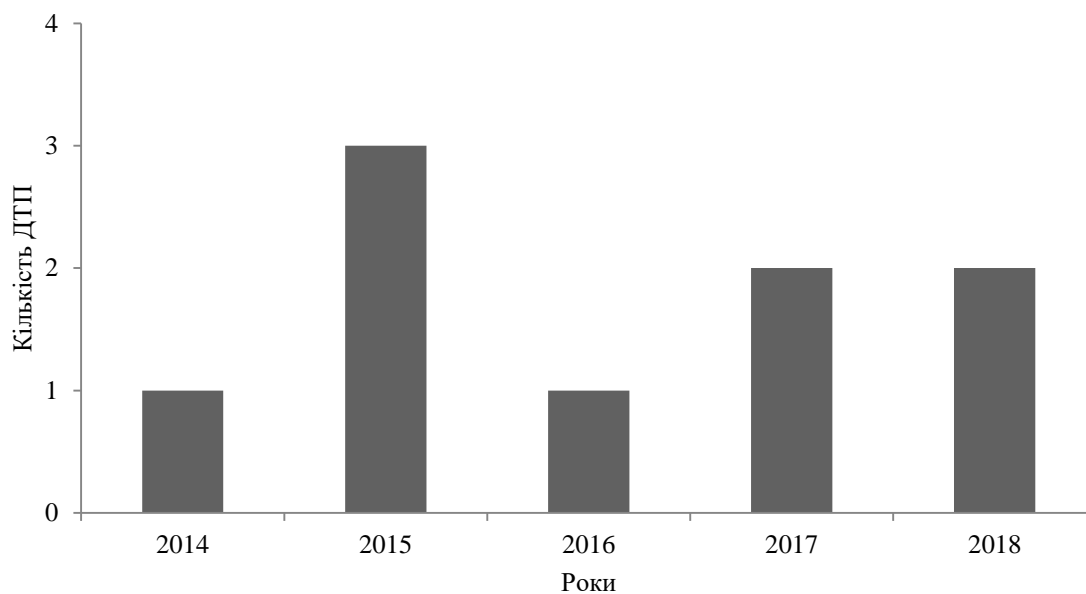


Рис. 1. Розподіл кількості ДТП.

Fig. 1. The distribution of the number of accidents.

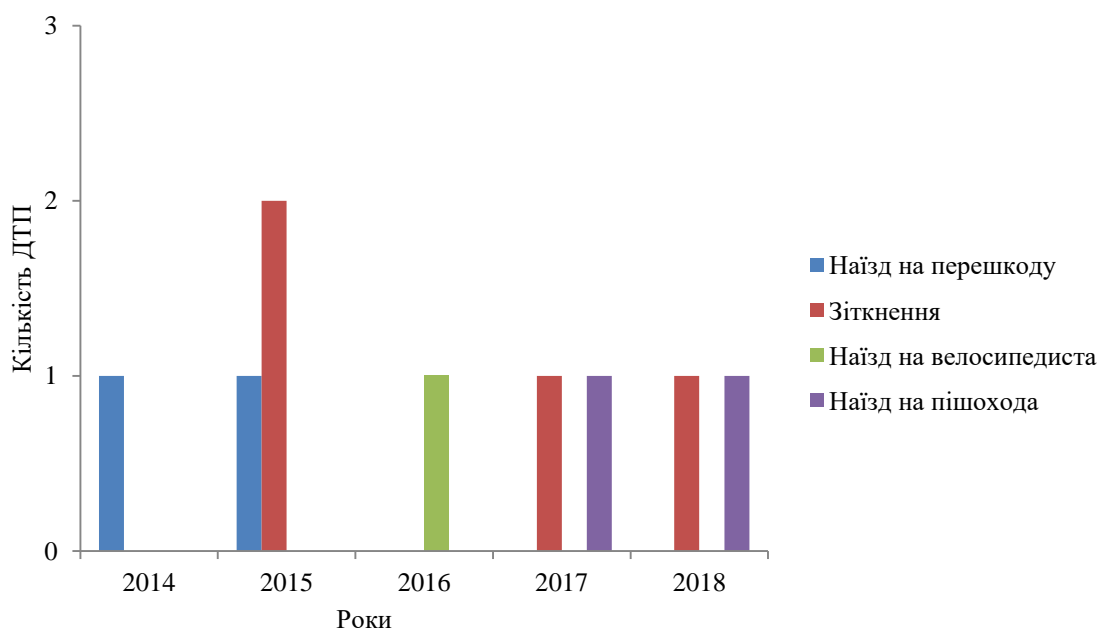
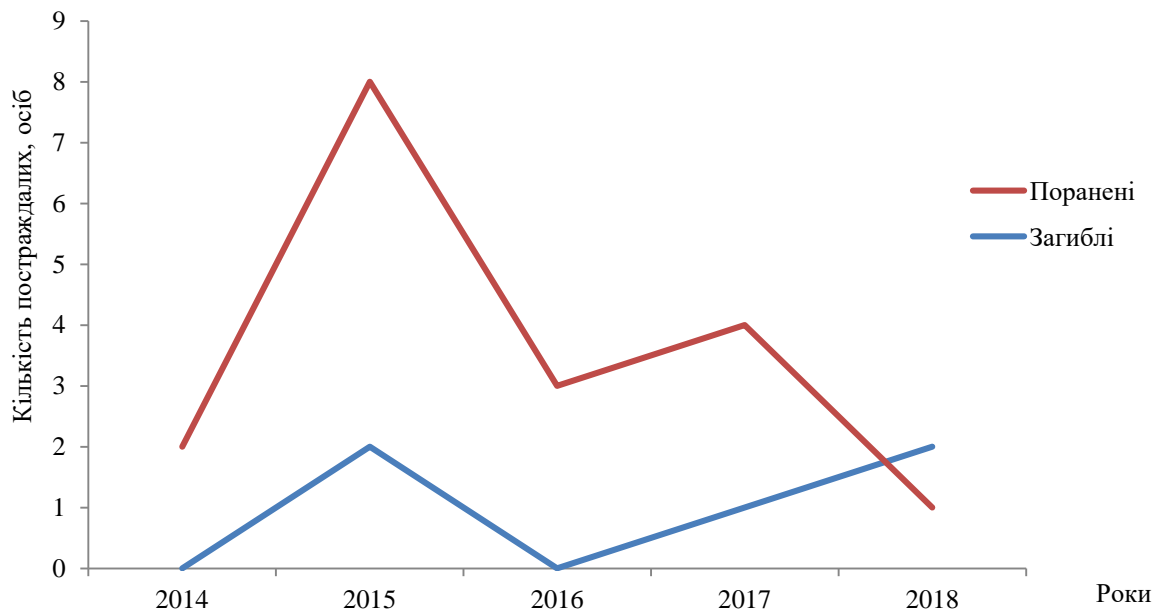


Рис. 2. Розподіл ДТП по видах за роками.

Fig. 2. The distribution of accident types by year.

Таблиця 1. Кількість постраждалих в ДТП по роках.**Table 1.** The number of road accident victims over the years.

Роки	2014	2015	2016	2017	2018
Поранено	2	8	3	4	1
Загинуло	—	2	—	1	2
Загальна кількість постраждалих	2	10	3	5	3

**Рис. 3.** Аналіз розподілу постраждалих в ДТП.**Fig. 3.** Analysis of the distribution of road accident victims.**Таблиця 2.** Значення коефіцієнтів тяжкості аварійності.**Table 2.** The values of the coefficients of the severity of accidents.

Роки	2014	2015	2016	2017	2018
Коефіцієнт тяжкості аварійності, $K_{T1} = \frac{\sum n_z}{\sum n_{ДТП}}$	-	0,66	-	0,5	1
Коефіцієнт тяжкості аварійності, $K_{T2} = \frac{\sum n_z}{\sum n_{постражд.}}$	-	0,2	-	0,2	0,66

У зв'язку з різним ступенем ваги наслідків ДТП для можливості порівняльної оцінки й аналізу різних ДТП ми застосували коефіцієнти тяжкості аварійності. Результати розрахунків зведені у табл. 2.

На основі розрахунку тяжкості коефіцієнтів аварійності встановлено, що значення коливаються від 0,2 до 0,66, що свідчить про достатньо високу тяжкість ДТП.

З метою підвищення безпеки дорожнього руху транспортних засобів і пішоходів на ділянці дороги по вулиці Леніна села Усівка Згурівського району Київської області необхідно розробити комплекс заходів з удосконалення організації дорожнього руху. З цією метою нами проведені дослідження щодо аналізу основних характеристик транспортних потоків, зокрема, інтенсивності, швидкості руху та складу транспортного потоку [5, 9, 10].

На основі проведених досліджень було

визначено, що інтенсивність транспортного потоку складає 495 авт./добу або 602 од./добу, а максимальна інтенсивність – 55 од./год (рис. 4).

На підставі проведених досліджень швидкості руху транспортних засобів встановлено, що швидкість 85% забезпеченості дорівнює 62 км/год.

Склад транспортного потоку є змішаним: переважають легкові автомобілі – 85% від загального складу, вантажні автомобілі – 10%, автобуси та сільськогосподарська техніка – 4%.

Найважливішим критерієм, що характеризує функціонування шляхів сполучення, є їх пропускна здатність. Під час проектування автомобільних доріг і роботі по організації руху застосовується термін пропускна здатність дороги. Під пропускною здатністю дороги розуміють максимально можливе число автомобілів, яке може пройти через перетин дороги за одиницю часу.

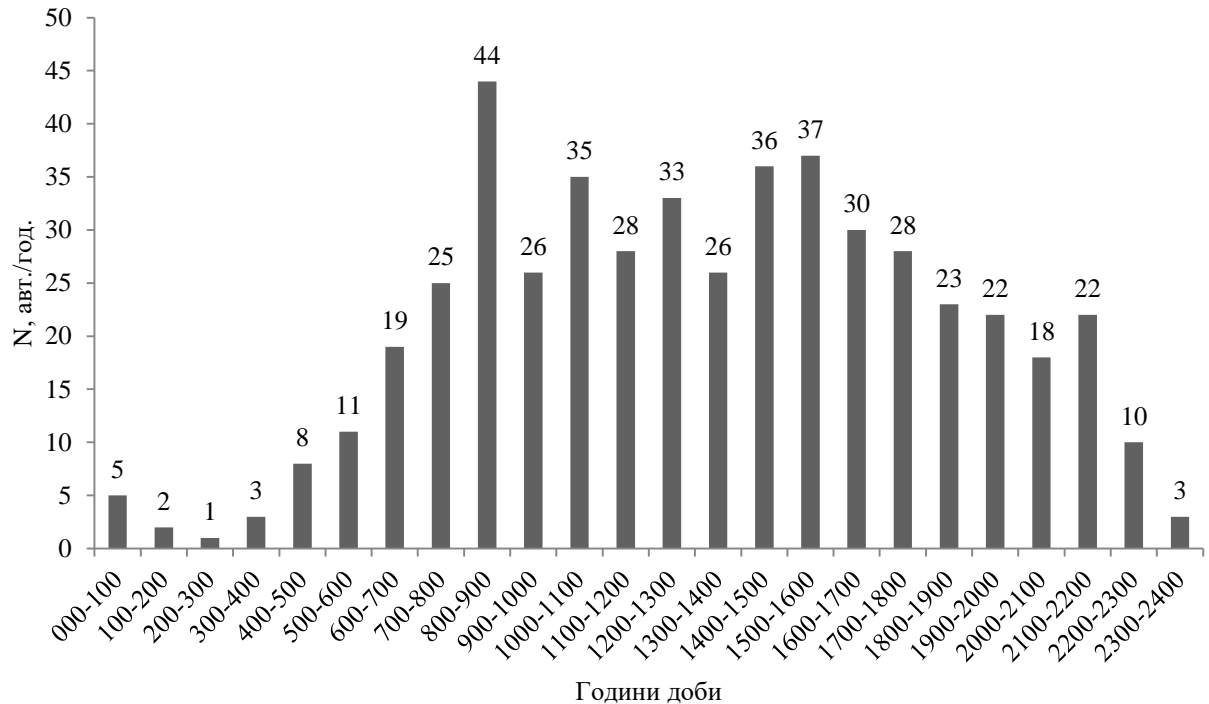


Рис. 4. Розподіл інтенсивності за годинами доби.

Fig. 4. The intensity distribution by hours.

Таблиця 3. Характер заходів з вибору засобів регулювання з метою підвищення безпеки дорожнього руху.

Table 3. The nature of the activities on the choice of regulatory tools with the aim of improving road safety.

Рівень зручності	Рівень завантаження, z	Характер заходів
А	0,2	Попереджувальні знаки, розмітка проїзної частини, направляючі пристрої
Б	0,2-0,5	Знаки і розмітка, що обмежують маневр та попереджають про зміну дорожніх умов, вказівні стріли, світлові інформаційні табло рекомендованих швидкостей руху, багатопозиційні знаки
В	0,5-0,75	Розмітка проїзної частини, що дублюється знаками, вказівні стріли; багатопозиційні знаки; світлофори, знаки, острівці
Г	0,75-0,9 0; 1,0	Автоматизовані системи регулювання; знаки, що дублюють розмітку; знаки, що рекомендують дистанції руху; світлові табло з зазначенням швидкостей та смуг руху

Необхідно відмітити, що розглядаючи рух автомобілів і оцінюючи параметри можливої інтенсивності потоку, ми характеризуємо насправді не вулицю, а комплекс ВАДС. Це пояснюється тим, що характеристики транспортних засобів і водіїв можуть впливати на пропускну здатність не менше ніж параметри дороги. Також велике значення може мати і стан середовища.

На основі отриманих даних та використовуючи формулу [6, 7, 8]:

$$P = B \cdot P_{\max} \quad (1)$$

$$B = \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \dots \cdot \beta_{14} \quad (2)$$

Визначаємо практичну пропускну здатність ділянки дороги, яка становить 666 од/год.

Для розробки заходів щодо удосконалення організації дорожнього руху на ділянці дороги по вулиці Леніна в с. Усівка визначаємо рівень завантаження за формулою [6, 7, 8, 9, 10]:

$$z = N/P \quad (3)$$

Таким чином рівень завантаження становить 0,08, що відповідає умовам, за яких відсутня взаємодія між автомобілями. За даними В.В.Сильянова це рівень зручності А, за якого водії вільні в виборі швидкостей руху; максимальні швидкості на горизонтальній ділянці більше 70 км/год. Максимальна інтенсивність руху не

перевищує 20 % від пропускної здатності. Швидкість практично не змінюється із збільшенням інтенсивності руху. Число ДТП із збільшенням завантаження дещо зменшується.

Важливу роль у регулюванні дорожнього руху відіграють дорожні знаки. Вони дозволяють водію оперативно реагувати на зміну дорожніх умов, інтенсивності руху транспортних засобів, пішоходів та надають необхідну інформацію.

Тому необґрунтованість їх встановлення, відсутність або неналежна якість може призвести до

виникнення аварійних ситуацій.

На підставі проведених досліджень, користуючись рекомендаціями [6, 7, 8, табл. 3], нами були запропоновані такі заходи щодо підвищення безпеки руху транспортних засобів та пішоходів: встановити знаки пріоритету 2.1 “Дати дорогу” та 2.3 “Головна дорога”, інформаційно-вказівні 5.20.1 “Початок додаткової смуги” та 7.8 “Напрямок головної дороги”, попереджувальний знак 1.1 “Небезпечний поворот праворуч” та 1.33 “Діти”, нанести розмітку 1.1, 1.5, 1.6, 1.13 та 1.14.1 (рис. 5).

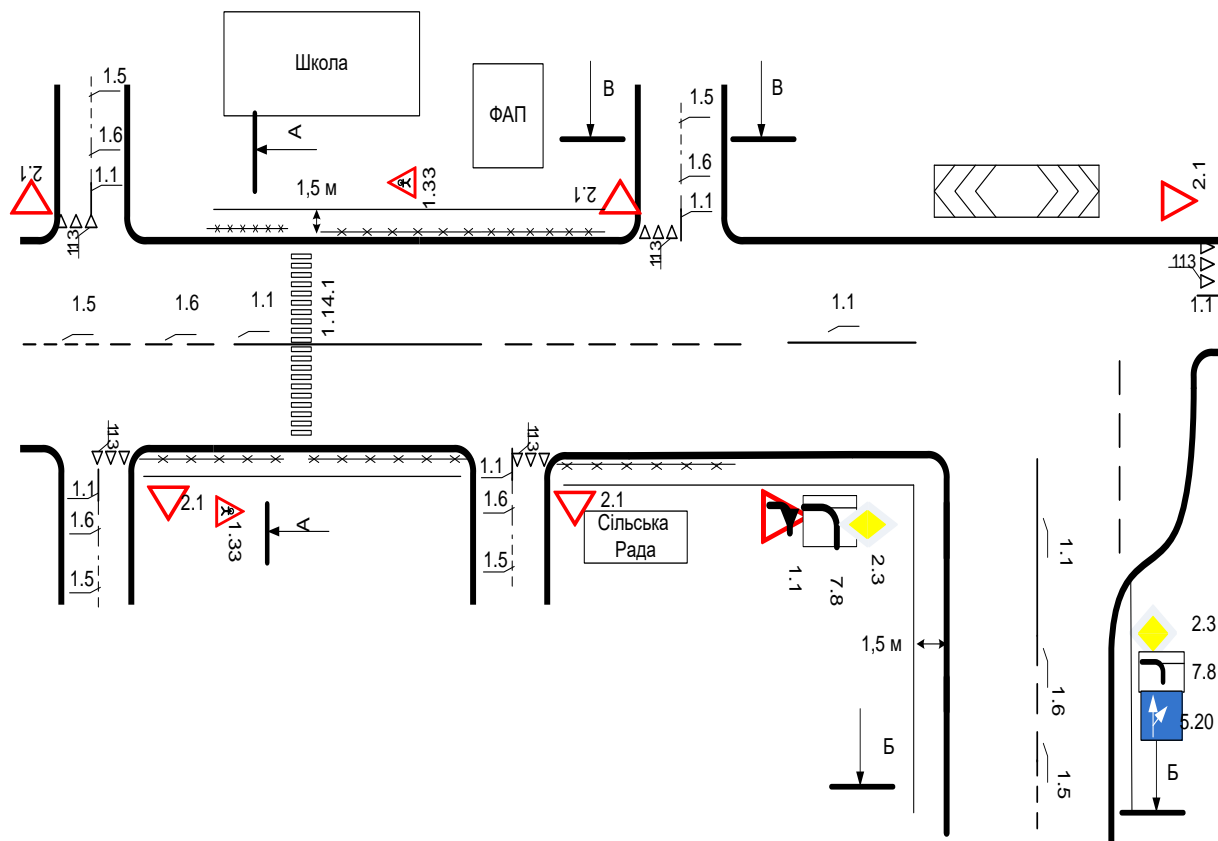


Рис. 5. Удосконалена схема ОДР.

Fig. 5. An improved scheme of ODA.

Висновки

1. На підставі розрахунків пропускної здатності та рівня завантаження, враховуючи дослідження основних характеристик транспортних потоків, розроблено та запропоновано заходи, які повинні суттєво вплинути на підвищення безпеки руху транспортних засобів і пішоходів на ділянці дороги с. Усівка Згурівського району Київської області.

Список літератури

1. *Кашканов А. А., Грисюк О. Г.* Безпека руху автомобільного транспорту. Вінниця: Навчально-методичний відділ ВНТУ, 2005. 176 с.
2. *Клинковштейн Г. И.* Организация дорожного движения. Москва. Транспорт, 1982. С. 172–180.
3. *Клинковштейн Г. И., Афанасьев М. Б.* Организация дорожного движения. Москва.

Транспорт, 2001. 247 с.

4. *Пугачёв И. Н., Горев А. Э., Олещенко Е. М.* Организация и безопасность дорожного движения. Москва. Издательский центр «Академия», 2009. 272 с.

5. *Поліщука В. П., Бакуліч О. О., Дзюба О. П., Єршов В. І.* Організація та регулювання дорожнього руху. Київ. Знання України, 2011. 467 с.

6. *Руководство по оценке пропускной способности автомобильных дорог.* Москва. Минавтодор, 1982. 88 с.

7. *Сильянов В. В.* Теория транспортных потоков в проектировании автомобильных дорог и организации движения. Москва. Транспорт, 1977. 330 с.

8. *Сильянов В. В.* Транспортно-эксплуатационные качества автомобильных дорог. Москва. Транспорт, 1984. 287 с.

9. *Дмитриченко М. Ф.* Системологія на транспорті: підручник: у 5 кн. Київ. Знання України, 2005. Книга IV: Організація дорожнього руху. С. 447–448.

10. *Хомяк Я. В.* Организация дорожного движения. Київ. Вища школа, 1986. 270 с.

References

1. *Kashkanov A. A., Grisyuk A. G.* (2005). Traffic Safety of road transport. Vinnitsa: Educational-methodical Department of the VNTU. 176.
2. *Klinkovsky G. S.* (1982). Traffic organization. Moscow. Transport. 172-180.
3. *Klinkovsky G. S., Afanasyev M.* (2001). Would. Traffic organization. Moscow. Transport. 247.
4. *Pugachev, I. N., A. E. Gorev, E. M. Oleshchenko* (2009). Organization and road safety. Moscow. Publishing center "Academy". 272.
5. *Polischuk V. P., Baculo A. A., Dzyuba A. P., Rezov V. I.* (2011). Organization and regulation of road traffic. Kyiv. Knowledge of Ukraine. 467.
6. Guidelines for the assessment of road capacity. Moscow. Minavtodor, (1982). 88.
7. *Silyanov V. V.* (1977). Theory of traffic flows in road design and traffic management. Moscow. Transport. 330.
8. *Silyanov V. V.* (1984). Transport and operational qualities of roads. Moscow. Transport. 287.
9. *Dmitrichenko M. F.* (20005). Systematology transport: the textbook: in 5 vol. Kyiv. Knowledge Of Ukraine. Book IV: traffic. 447-448.
10. *Hamster Y. V.* (1986). Organization of road traffic. Kyiv. Higher school. 270.

РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ И ПЕШЕХОДОВ НА УЧАСТКЕ ДОРОГИ СЕЛА УСОВКА КИЕВСКОЙ ОБЛАСТИ

І. А. Колосок, І. В. Лаврінець

Аннотация. Развитие современного общества характеризуется интенсивной автомобилизацией. Этот процесс сопровождается развитием различных отраслей промышленности и сельского хозяйства, удовлетворением культурно-бытовых нужд населения.

Автомобилизация как часть общего поступательного развития общества имеет как положительные, так и отрицательные черты. С одной стороны, этот процесс сопровождается значительными экономическими выгодами: активизируется развитие различных отраслей промышленности и сельского хозяйства, полнее удовлетворяются потребности населения в виде пассажирских и грузовых перевозок; с другой - автомобилизация порождает комплекс негативных проблем: усложняется процесс дорожного движения, растут транспортный травматизм и убытки от повреждения техники и грузов и др. Усложнение процесса дорожного движения характеризуют через повышение дорожно-транспортных происшествий (ДТП).

Сегодня безопасность дорожного движения - одна из важнейших социальных и экономических

проблем в нашей стране. Учитывая неудовлетворительную статистику ДТП в Украине, перед государством стоит сложная и очень ответственная задача по сохранению жизни и здоровья людей, решение которой требует надлежащей организации мероприятий по повышению безопасности дорожного движения. Объединенные усилия по улучшению безопасности дорожного движения в странах Европейского Союза базируются на выводах оценки состояния безопасности дорожного движения, а также на результатах научных исследований. Считается, что ДТП является слишком сложной проблемой, чтобы рассматривать ее методом проб и ошибок.

Ключевые слова: интенсивность движения, скорость движения, транспортные средства, транспортный поток.

DEVELOPMENT OF RECOMMENDATIONS FOR IMPROVING THE SAFETY OF MOVEMENT OF VEHICLES AND PEDESTRIANS ON ROAD SECTION OF VILLAGE USOVKA KIEV REGION

A. I. Kolosok, I. V. Lavrinec

Abstract. The development of modern society is characterized by intense motorization. This process is accompanied by the development of various branches of industry and agriculture, the satisfaction of the cultural and domestic needs of the population.

Automation as a part of the overall progressive development of society has both positive and negative features. On the one hand, this process is accompanied by significant economic benefits: the development of various industries and agriculture is intensified, the needs of the population are more fully met in the form of passenger and freight transportation; on the other - motorization generates a set of negative problems: the traffic process becomes more complicated, transport traffic injuries and losses from damage to equipment and goods, etc., are increasing. The complications of the traffic process are characterized by increased traffic accidents (road traffic accidents).

Today, road safety is one of the most important social and economic problems in our country. Taking into account the unsatisfactory statistics of the traffic accident in Ukraine, the state faces a complex and very responsible task for the preservation of life and health of people, the solution of which requires proper organization of measures to improve road safety. The combined efforts to improve road safety in the European Union are based on the findings of the road safety assessment, as well as on the results of scientific research. It is believed that an accident is a very difficult problem to be considered by trial and error.

Key words: heavy traffic, speed of traffic, transport, traffic stream.

І. О. Колосок ORCID 0000-0003-2153-3132.

І. В. Лаврінець ORCID 0000-0003-3811-6183.

UDC 629-047.44.56

LENGTH OF LIFE CYCLE ASSESSMENT OF VEHICLE

O. M. Zagursky, E. A. Teslenko

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

Corresponding authors: zagurskiy_oleg@ukr.net.

Article history: Received: March 2019. Received in the revised form: April 2019. Accepted: May 2019.
Bibl. 6, fig. 3, tabl. 0.

Abstract. In the article the theoretical analysis of methodical approaches to the definition of indicators of the life cycle of the motor transport industry and methods for assessing the status of rolling stock in the MTE (motor transport enterprise).

It is determined that in order to ensure a high level of volumetric indicators of the life cycle of the motor transport industry it is necessary to manage the life cycles of technologies, services and means of transport from the position of the complex object "Vehicle - transport service". The useful life of a vehicle is influenced by technological improvements, technological progress, reasonable projected economic changes, the movement of business centers, prohibited laws and other reasons. The criteria for establishing a reasonable replacement period for rolling stock of motor transport enterprises are environmentally friendly and safe vehicles.

The proposed method of estimating the life cycle of a vehicle on the basis of operational reliability allows for taking into account the majority of operational characteristics and contributes to the acceptance of optimal strategic decisions for the management of the MTE (motor transport enterprise).

Key words: costs, life cycle, optimal lifetime, vehicle.

Introduction

The activities of most domestic enterprises in the current economic conditions are characterized by an increase in the level of uncertainty of the environment associated with political instability, increased competition, the inability to achieve high results of economic activity by internal factors, etc. This is especially true for the MTE (motor transport enterprises), because in today's economic conditions advanced requirements are put forward for vehicles of their quality and safety of transportation. The exploitation of morally and physically outdated vehicles reduces the safety of transportation, adversely affects the environment, and, consequently, human health, leads to degeneration of the functioning of the transport system of the region, and so on. Therefore, updating the fleet of rolling stock is an important task facing both the motor transport industry and the economy of the country as a whole.

Formulation of problem

Currently, there are no problems with the a purchasing of rolling stock, the market is represented by cars in a wide range of manufacturers, models, load carrying capacity, in a state of new or used. Foreign cars at a relatively high starting price, compared with domestic or cheaper Russian analogues, have better consumer properties. However, with the arrival of foreign manufacturers, the problem of the diversity of rolling stock in the MTE (motor transport enterprise) is becoming increasingly relevant. The essence of the problem lies in the complexity of the organization of maintenance and repair of rolling stock, as it requires the use of different, expensive equipment suitable only for certain brands of cars and skilled workers.

Analysis of recent research results

Problems of management of transport enterprises were devoted to their work by Ukrainian scientists I. Aksonova, M. Bidnyak G. Bondarenko D. Vlasenko, A. Vorkut, T. Goncharenko, I. Kaminska, V. Shynkarenko, and a number of other scientists.

However, despite the sufficient number of works associated with the management of the MTE, the question of the influence of probabilistic processes on their work, at the moment, is not sufficiently studied. This disadvantage is partially eliminated by the use of the theory of mass service. But such a method initially involves the presence of queues in production, which negatively affects the economic performance of the MTE.

Purpose of research

The purpose of the work is to analyze methodological approaches to determining the indicators of the life cycle of the motor transport industry and methods for assessing the status of rolling stock MTE.

Results of research

The automotive industry occupies a special place in the country's economy and has a number of specific

properties. To date, the evolutionary processes taking place in the automotive industry of the country are largely due to the transition to a market economy, which caused significant changes in the needs of consumers, changes in the structure and trends of the motor transport industry, changes in related industries and in the external environment of the country.

The most important factor influencing evolutionary processes in the motor transport industry is the demographic factor. After all, the higher the level of the population of the region, the more demanded services of transport enterprises, this is reflected not only in the increase in demand for passenger and freight transport, but also an increase in the number of vehicles that are in the personal use of the population, which in turn requires the creation of a suitable transport infrastructure service.

Over the past few decades, the demand for international passenger and freight connections in Ukraine has increased several times, so the process of integration into the world transport system is one of the priority tasks for the domestic transport industry. However, in order for Ukraine to be able to move closer to the level of transport systems of the developed countries, improvement of the transport sector of the country, in particular the development of motor transport enterprises (MTE), which is involved in freight transportation, is necessary to improve Ukraine's transport infrastructure, as a result of which there is a need to address the priority economic and management and environmental problems of the MTE; most of that requires a comprehensive approach. Our analysis made it possible to reveal the following problems of the MTE

1. The problem of management of motor transport enterprises.
2. An outdated fleet of vehicles.
3. The problem of compliance with environmental standards
4. Lack of proper system of utilization of spent spare parts
5. The problem of insufficient equipment of freight vehicles
6. Low quality and insufficient number of highways
7. The imperfection of insurance programs in the industry.
8. Lack of special lending programs in the field of freight transport.

Due to the solution of these problems, the part of freight traffic of the MTE in the total volume of cargo turnover will certainly increase significantly and possibly reach the European level, which, in turn, will ensure the formation within the country of interregional socio-economic connectivity.

At the same time, the achievement of these goals requires management to develop an effective strategy for the development of MTE. Not so long ago, managers did not have the experience of developing a strategy as an integral part of enterprise management. Its application became necessary after the transition from the planned economy to the market. The lack of scientific development to help determine the goals of the activity has complicated the material and financial situation of enterprises even more.

The change in the economic situation in the country has had a negative effect on freight transport enterprises: freight volumes began to fall, rolling stock ageing, lack of new financial and revenue, personnel cuts, a decrease of the property base, and the reduction of enterprises. Also, a negative factor was the emergence of private carriers, which became serious competition for large freight motor transport enterprises, which caused a reduction in tariffs and other problems. Besides, permanent social, political and economic crises also did not contribute to the development of the automotive industry. Thus, during the 2013-2014 period, due to the economic crisis, the automotive sector suffered a fall in passenger (by 9.8%) and cargo traffic (by 5.1%) [2]. Under such circumstances it is important to objectively evaluate the company's capabilities, to determine the feasibility of further work in this field.

The motor transport industry is one of the most dynamically developed and changed, to date, the industries of the country's economy. In order to set the correct vector for the direction of its development and changes, it is necessary to take into account not only the current state of affairs in the industry, but also the previous and possible future (predicted) states. From this point of view, the motor transport system is of particular interest as an object of study of the theory of the life cycle of the industry itself and of a particular enterprise or vehicle in it.

It should be noted that the theory of the life cycle of the industry has not received such widespread as the theory of the life cycle of the organization, the product of the means of production. The most well-known is the analysis of the life cycle of the industry proposed by M. Porter, which characterizes each stage of the life cycle of the industry in terms of competitive dynamics [1]. According to its work, each stage can be characterized by the following indicators:

- number and size of firms;
- the level of technological and strategic uncertainty;
- expenses;
- prices;
- characteristics of competitors and intensity of competition.

The inherent barriers to entry, exit and mobility are also an important characteristic of the industry's life cycle. The specificity of the transport industry, for which the main product is the provision of transport services, does not allow it to fully apply its existing life cycle models because it is not possible to link the life cycle of the industry with the life cycle of transport services, but it is possible to determine the relationship with transportation technologies.

Considering the technological basis of the automotive industry, it should be noted that, firstly: the technologies used in it are improved in terms of quality and safety of transportation, reduction of total costs and time for transportation, creation of the most convenient conditions for the consumer (delivery "from door to door"); and secondly: the process of clustering transport companies based on one of the most loaded or providing the largest range of services led to the emergence of 3PL and 4PL operators. Analyzing the historical development of society and motor transport, it is possible to distinguish

several stages during which the discovery and changes that took place, set the vector of development of the motor transport industry and led to the introduction of certain transport technologies (Fig. 1).

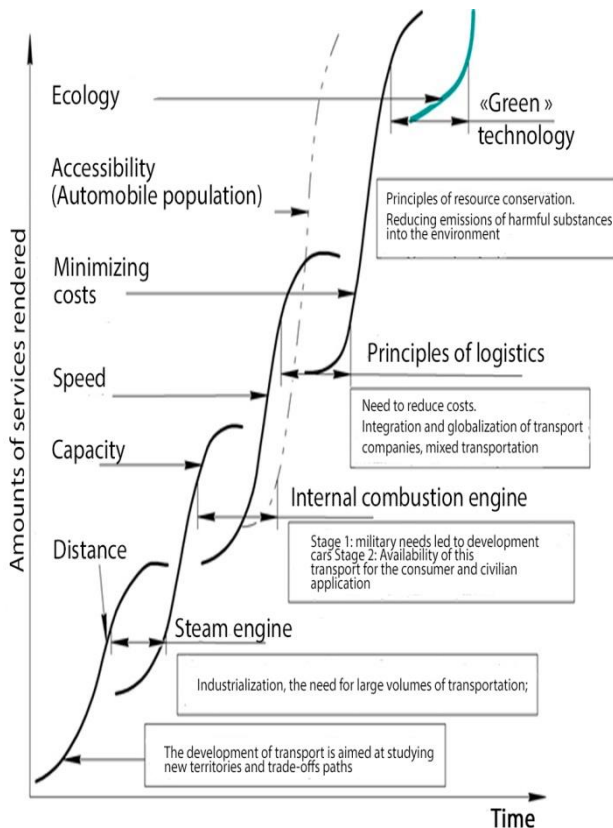


Fig. 1. Evolution of motor transport technologies.

The need to reduce costs and terms of transportation, providing convenience to the client in the struggle for leadership in the market of transport services, led to the development of logistics approaches in motor transport. In addition, companies appeared to be able to combine different types of transport to carry out transport work, combining the benefits of each of those involved, modes of transport. Today mixed transportation is developing in different directions: intermodal and multimodal, container and piggyback transportations.

The analysis of related industries and the views of the world community allows us to conclude that the next stage in the development of the transport industry will be the introduction of "green" technologies. As an example of the development of the European transport system, one can already see the reorientation of motor companies to use more environmentally friendly technologies. In order to increase competitiveness, domestic motor transport and logistics companies should also be guided by the world tendencies of "Sustainable Development", which ensure not only economic efficiency and quality of transportation, and do not harm the environment. Thus, according to studies «Towards Sustainable Logistics» [6] about 59% of companies surveyed believe that the use of "green" technologies for the transportation of their products will be a decisive factor in the choice of partners. And according to QSHE Global (survey of 5,400 respondents), we can conclude on the attitude towards the

introduction of environmental technologies in the business processes of modern companies:

- 61% - cares about the environment;
- 67% - choose partners oriented on "green" logistics;
- 82% - use the principles of "green" logistics to improve the image;
- 30% - are ready to pay extra for environmental technologies [5].

Consequently, considering the transport industry as a whole from the point of view of the theory of life cycle, it is difficult to speak of a collapse of the transport industry, since the task of moving cargoes and passengers will not lose its relevance. However, today it can be assumed that in the near future, within the framework of "green" logistics, there will be a shift away from hydrocarbon fuel to alternative sources of energy, in this case, road transport will radically change. Changes affect not only production but also exploitation, maintenance and infrastructure facilities. To ensure a high level of volumetric life cycle indicators motor transport industry it is necessary to manage the life cycles of technologies, services and means of transport from the position of the complex object " Vehicle - transport service". In addition to the vehicle itself, car makers sell a number of maintenance services, setting a certain mileage between the points of service and scheduled repairs. Compliance with maintenance schedules, timely replacement of technical fluids and consumable spare parts affects the efficiency of the vehicle, namely, fuel efficiency, safety and environmental friendliness.

Figure 2 shows the dependence of the efficiency of the vehicle, depending on the run.

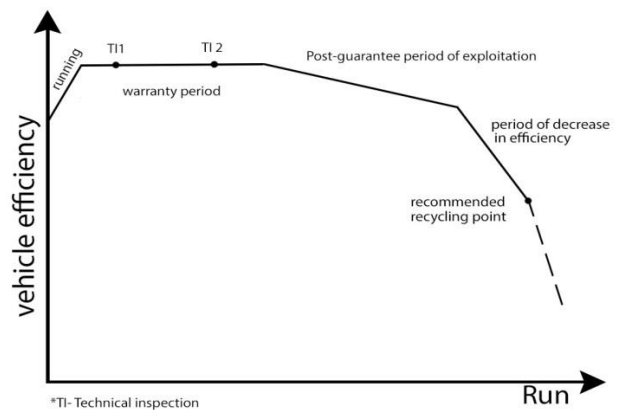


Fig. 2. Efficiency of the vehicle during the life cycle.

In the course of warranty maintenance, the operating procedure determines the periodicity of maintenance and diagnostics, replacement of operating materials and consumable parts. Thus, fulfillment of the requirements of the automobile manufacturer allows to maintain the maximum efficiency of the vehicle, and their non-compliance is the reason for the refusal of the warranty service. In the process of post-warranty service, the owner, as a rule, guided by general maintenance recommendations or applied as failure occurs. However, even if the recommendation is followed, at a certain run, the efficiency of the vehicle begins to decrease, which is

associated with wear and tear and aging of knots, aggregates and car systems.

At the same time, it should be noted that car manufacturers go through the reduction of the life cycle of individual units and vehicles in general, in order to ensure a stable demand for products, and, on the other hand, reducing the life cycle of the car due to accelerated innovation, which require the introduction of mass production. To date, automakers say that they are developing and manufacturing cars, designed for a period of operation of 10 years. Therefore, it is logical to determine that after the end of these 10 years the car is subject to utilization, but a number of factors (market value of the vehicle, technological and production capacities of the vehicle utilization system, etc.) indicate that in practice this term will be longer.

The criteria for establishing a reasonable replacement period for rolling stock of motor transport enterprises are environmentally friendly and safe vehicles. However, vehicles older than 20 years are not restricted to the Euro standards, and therefore their exploitation is most harmful to the environment. It should be noted that from January 1, 2016, in Ukraine implemented a ban on the import and registration of new and old vehicles less than the standards of the Euro-5 environmental standard. And in 2018 in our country the ecological norms of Euro 6 should come into force. At least this is provided by the latest edition of the Law of Ukraine "On Certain Issues of Importation into the Customs Territory of Ukraine and Registration of Vehicles".

From the point of view of the safety of vehicles, additional studies are needed that will statistically allow the number of road traffic accidents resulting from technical malfunctions, mileage (service life) of vehicles to be linked and to determine the optimal term for which the vehicle should be deduced.

Thus, there is a need to legislatively limit the operation of vehicles beyond their effective (safe) work. Clause 14.1.138 of the Tax Code of Ukraine operates with the term "expected useful life (exploitation)". Legislation does not contain any algorithms or criteria for defining this term. The norms of item 145.1 of the Tax Code of Ukraine prescribe the minimum terms of use (for vehicles

- 5 years). That is, there are no legal restrictions on the use of vehicles in Ukraine, the use of vehicles whose technical condition and equipment meet the requirements of standards relating to road safety and environmental protection, as well as the rules of technical operation, manufacturers' instructions and other normative -technical documentation. In other words, if after the current or overhaul technical parameters of the transport unit meet the norms and standards, then such a vehicle can be used.

At the same time, the reliability of the logistics system of transportation is largely determined by the reliability of transport as its element. Transportation costs, including for the maintenance of a vehicle, account for more than 40% of the logistics costs. To shorten this article of expenses will allow the timely replacement of the vehicle, that is, the renewal of the fleet of rolling stock.

All equipment over time has the particularity to lose its value and to accumulate maintenance outgoings for proper condition. But it's always worth remembering the aging of rolling stock, in addition, the exploitation of outdated techniques leads to additional unpredictable costs during operation (breakdowns of the main units, which are already well worn out of service). All this leads to the impossibility of normal prediction of rolling stock, and significant financial losses.

With regard to determining the optimal lifetime of a vehicle, the most widely used method is that, as the criterion of optimality, a minimum cost per unit of output (output or work) is used. The essence of this method is as follows: with an increase in the life of the machine, the specific value of depreciation deductions falling on a unit of its development, decreases. The given method has disadvantages, among which the main thing is the unjustified choice of the minimum cost of the unit of work as a criterion of optimality. The term of use is determined, taking into account only material depreciation, and taken as the minimum allowable (t_{min}), replacement of the car before its completion requires capital investment and causes the increase in the cost of the unit of production [3, p. 414].

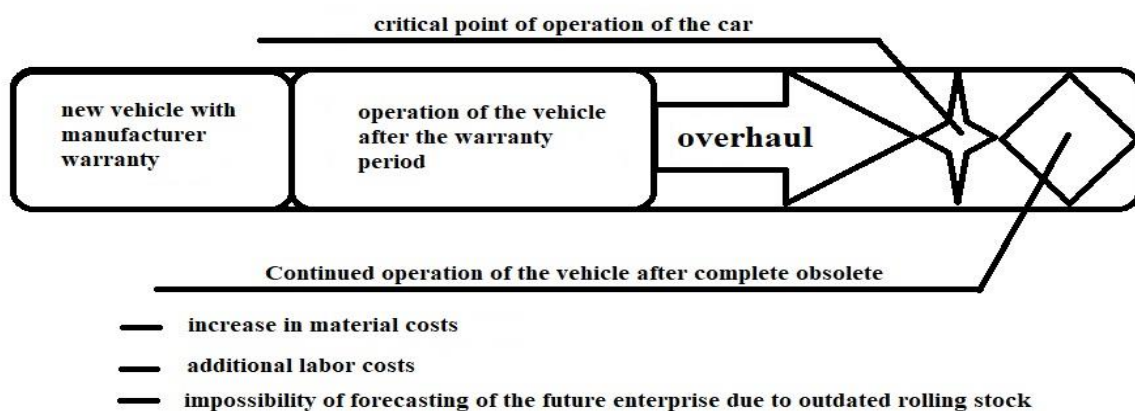


Fig. 3. Scheme of dependence of expenses on operation of vehicles and expenses for their updating outside the work area.

If the company decides to upgrade its rolling stock, it is necessary to take into account the cost of acquiring a new truck on the k year of exploitation:

$$p_k = \alpha + \beta(k - 1) \quad (1)$$

where α - the cost of a new truck is 2800 thousand UAH, β - the amount at which the cost of a truck for each step increases 50 thousand UAH.

After t years of exploitation of the truck on the k -th year can be sold for

$$\varphi(t) = p_k * 2^{-t}, \quad (2)$$

where t is the year of exploitation.

All vehicles, loaders and any other technical and technological means, as soon as they receive the status of the sold, - immediately begin to lose their value in the presentation presented to other buyers. This can be said about their resource reserve. During the life of the product, the product is worn out and consumes more consumables and repairs.

The cost of maintaining a truck during the k year is

$$r_k(t) = \gamma p_k(t + 1), \quad (3)$$

where γ - coefficient of deductions for equipment maintenance, it includes expenses for fuel, engine oil and other consumables, as well as maintenance and repair, is 0,14.

Final expenses at the end of the year are calculated by the formula:

$$S_t = \varphi(t) + r_k(t) - p_k \quad (4)$$

To the proceeds from the sale of the used truck add the cost of maintenance costs (costs are calculated at the beginning of the year, while the cost of service has not yet been paid, so these costs are considered as saved money and added to the balance) and subtract the cost of the new truck.

At the same time, it's worth remembering that the values of even one truck vary in different periods of time, but this method allows us to determine the approximate limits of depletion, which enables us to predict possible global breakdowns and react in a timely manner to them. That is, MTE management receives a modern tool for assessing the life cycle of a vehicle.

Conclusions

1. When using a vehicle, many things can be affected. They include the following:

- how often the machine is used;
- what was the age of the car at the time of purchase;
- how often it was repaired, updated or replaced;
- in which climate it was exploited.

2. Also, technological improvements, technical progress, reasonable projected economic changes, the movement of business centers, prohibited laws and other causes may also affect the useful life. All this needs to be taken into account before determining the expected useful life of the machine. The criteria for establishing a reasonable replacement period for rolling stock of motor transport enterprises are environmentally friendly and safe vehicles.

3. The proposed method of estimating the life cycle of a vehicle on the basis of operational reliability allows

for taking into account the majority of operational characteristics and contributes to the acceptance of optimal strategic decisions for the management of MTE (motor transport enterprise).

References

1. Porter M. (2005). Competitive Strategy: Techniques for Analyzing Industries and Competitors. Moskva : Al'pina Biznes Buks.
2. Stratehichnyj plan rozvytku avtomobil'noho transportu ta dorozhn'oho hospodarstva na period do 2020 roku Nakaz Ministerstva infrastruktury Ukrainy 21 hrudnia 2015 roku № 548. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0548733-15/sp:max20>
3. Tkhoruk Ye. I., Kucher O. O. (2016). Vyznachennia optymal'noho terminu vykorystannia avtomobil'noho transportnoho zasobu iak parametra systemy onovlennia parku rukhomoho skladu, Mizhvuziv's'kyj zbirnyk "NAUKOVI NOTATKY". Luts'k, Vol. 55, 412-417.
4. Alexandrova, K. (2014). The links of one Chain, *The RZD Partner International*, Vol. 3 (39). 38-39.
5. Chandler A. D. Jr. (1962). Strategy and Structure: Chapters in the History of American Enterprise, MIT Press : Cambridge, MA.
6. Christof Dr., Ehrhart E. Delivering Tomorrow: Towards Sustainable Logistics" URL: <http://www.delivering-tomorrow.com> free.

Список літератури

1. Портер М. Конкурентная стратегия : методика анализа отраслей и конкурентов; пер. с англ. Москва. Альпина Бизнес Букс, 2005. 454 с.
2. Стратегічний план розвитку автомобільного транспорту та дорожнього господарства на період до 2020 року Наказ Міністерства інфраструктури України 21 грудня 2015 року № 548. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0548733-15/sp:max20>.
3. Тхорук Є. І., Кучер О. О. Визначення оптимального терміну використання автомобільного транспортного засобу як параметра системи оновлення парку рухомого складу. Міжвузівський збірник "Наукові Нотатки". Луцьк, 2016. Вип. № 55. С. 412-417.
4. Alexandrova, K. The links of one Chain. The RZD Partner International, 2014. № 3 (39). С. 38-39.
5. Chandler A. D. Jr. Strategy and Structure: Chapters in the History of American Enterprise. MIT Press : Cambridge, MA, 1962. 345 p.
6. Christof Dr., Ehrhart E. Delivering Tomorrow: Towards Sustainable Logistics. Mode of access: <http://www.delivering-tomorrow.com>.

ОЦІНКА ТРИВАЛОСТІ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ
ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ
О. М. Загурський, С. А. Тесленко

Анотація. В статті проведено теоретичний аналіз методичних підходів до визначення показників життєвого циклу автотранспортної галузі та методів оцінки стану рухомого складу АТП.

Визначено, що для забезпечення високого рівня об'ємних показників життєвого циклу автотранспортної галузі необхідно управляти життєвими циклами технологій, послуг і засобів перевезень з позиції комплексного об'єкта «Транспортний засіб – транспортний сервіс». На тривалість корисного життя транспортного засобу впливають технологічні поліпшення, технічний прогрес, розумні прогнозовані економічні зміни, переміщення ділових центрів, заборонні закони й інші причини. Критеріями для встановлення обґрунтованого терміну заміни рухомого складу автотранспортних підприємств є екологічність і безпека транспортних засобів.

Запропонована методика оцінки тривалості життєвого циклу транспортного засобу на основі експлуатаційної надійності дозволяє врахувати більшість експлуатаційних характеристик та сприяє прийняттю оптимальних стратегічних рішень з управління АТП.

Ключові слова: витрати, життєвий цикл, оптимальний строк експлуатації, транспортний засіб.

О. М. Загурський ORCID 0000-0002-5407-8466.

Є. А. Тесленко ORCID 0000-0003-3811-6183.

ОЦЕНКА ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА

О. Н. Загурский, Е. А. Тесленко

Аннотация. В статье проведен теоретический анализ методических подходов к определению показателей жизненного цикла автотранспортной отрасли и методов оценки состояния подвижного состава АТП.

Определено, что для обеспечения высокого уровня объемных показателей жизненного цикла автотранспортной отрасли необходимо управлять жизненными циклами технологий, услуг и средств перевозок с позиции комплексного объекта «Транспортное средство – транспортный сервис». На продолжительность полезной жизни транспортного средства влияют технологические улучшения, технический прогресс, умные прогнозируемые экономические изменения, перемещения деловых центров, запрещающие законы и другие причины. Критериями для установления обоснованного срока замены подвижного состава автотранспортных предприятий является экологичность и безопасность транспортных средств.

Предложенная методика оценки продолжительности жизненного цикла транспортного средства на основе эксплуатационной надежности позволяет учесть большинство эксплуатационных характеристик и способствует принятию оптимальных стратегических решений по управлению АТП.

Ключевые слова: затраты, жизненный цикл, оптимальный срок эксплуатации, транспортное средство.

УДК: 331.102.344

СТРАТЕГІЧНИЙ АНАЛІЗ СЕРЕДОВИЩА РОЗВИТКУ ЛЮДСЬКОГО ПОТЕНЦІАЛУ ПРИЧОРНОМОРСЬКОГО РЕГІОНУ

М. М. Огієнко¹, А. В. Огієнко², Л. В. Назарова²

¹Відокремлений підрозділ «Миколаївська філія Київського національного університету культури і мистецтв», Україна.

²Миколаївський національний університет імені В. О. Сухомлинського, Україна.

Кореспонденція авторів: ogienkonikolay@ukr.net, ogienko_alena@ukr.net, ludaviva@gmail.com.

Історія статті: отримано – січень 2019, акцептовано – травень 2019.

Бібл. 20, рис. 6, табл. 11.

Анотація. В роботі висвітлено широке коло факторів впливу на розвиток людського потенціалу Причорноморського регіону України. Досліджено інтегральні показники впливу природних умов регіонального середовища життєдіяльності людини, забезпеченість житлом, стан медичного забезпечення та інші гігієнічні чинники та мотиватори. Особливу увагу приділено економічному розвитку регіонів, ВВП та їх інвестиційній привабливості.

Ключові слова: людський потенціал, Причорноморський регіон, мотиватори, гігієнічні чинники, стратегічний аналіз.

Постановка проблеми

Людський розвиток виступає важливим фактором реформування суспільства в руслі сучасних інформаційно-технологічних, інституційно-інфраструктурних та соціо-гуманітарних змін. Важливим є місце людини в державній політиці та можливість розвитку кожного окремого мешканця. В умовах розвитку інформаційного простору оновлюються концептуальні підходи до сутнісного розуміння людського капіталу шляхом перерозподілу співвідношення між економічними та соціо-гуманітарними складовими в сторону зменшення першої та зростання другої компоненти. Різні рівні розвитку людського потенціалу регіонів викликані різноманітними історико-культурними, політичними, соціально-економічними та природно-кліматичними чинниками.

Зростання рівня життя населення регіону залежить від ряду факторів серед яких: наявність природних ресурсів, трудовий потенціал, розвиток малого та середнього підприємництва, ефективність роботи владних структур тощо.

Аналіз останніх досліджень

Питання людського потенціалу висвітлюються у наукових доробках багатьох вчених. Безпосередньо аналізом розвитку людського потенціалу займалися такі зарубіжні вчені, як: С. Фаруда-Парр, Дж. Барней, В.Р. Буковіч, Т.Маккінлі, Е.Брюн, Р.Л. Уільямс, Е. Пашер, Т. Ронен, С.Фукуда-Парр та інші. Серед українських вчених дослідників людського потенціалу заслуговують на увагу праці К.О. Богатирьова, О.М. Бородіної О.Б. Бутнік-Сіверського, В.М. Геєця, Г.М. Гузенка, В.І. Гунько, Ю.В. Гава, В.Я. Брича, Е.М. Лібанової, П.М. Макаренка, А.Є. Никифорова, В.А. Семикіна, І.В. Хлівної та інших.

Важливим етапом комплексного дослідження людського потенціалу в умовах трансформації соціально-економічних систем є стратегічний аналіз регіональних чинників, що впливають на його формування, розвиток та реалізацію. В цьому контексті погоджуємося з твердженням Никифоренко В.Г., що «ефективність управління на регіональному рівні визначається довгостроковими тенденціями структурних змін та їх впливів на майбутнє економічне зростання. Швидкі зміни у навколишньому середовищі призводять до необхідності стратегічного передбачення цілеспрямованих дій відповідно до тих чи інших варіантів розвитку глобальних перетворень. Отже, структурам усіх щаблів державного управління для упорядкування і систематизації управлінських дій, спрямованих на забезпечення сталого соціально-економічного розвитку регіонів і країни в цілому, потрібен відповідний інструментарій прогнозування на засадах моделювання динаміки людських ресурсів»[1, с. 199].

Результатом стратегічного аналізу є системна модель об'єкта дослідження, що виступає основою для

розроблення стратегічних альтернатив його розвитку. «Мета стратегічного аналізу – змістовний та більш-менш формальний опис об'єкта дослідження, виявлення особливостей, тенденцій, можливих і неможливих напрямків його розвитку. Отримані дані про об'єкт управління є базою для визначення загальної концепції та способів управління ним» [2, с.7].

Мета досліджень

Таким чином, стратегічний аналіз регіональної соціально-економічної системи повинен стати важливим інструментом стратегічного управління розвитком Причорноморського регіону, що враховуватиме регіональні особливості, нагальні та стратегічні проблеми а також наявні переваги щодо розвитку та реалізації людського потенціалу як базової основи сталого розвитку економіки.

Результати досліджень

Дослідженнями доведено, що важливим чинником розвитку людського потенціалу та інструментом його перетворення у людський капітал є мотивація. На цінності мотиваційних аспектів управління людським розвитком регіонів наголошують автори монографії [3, с.101]: «серед системи факторів, які впливають на ефективність функціонування трудових ресурсів регіонів одним з найважливіших є мотивація трудової діяльності, яка повинна розглядатись цілісно, як комплексна система факторів. Тільки мотиваційна система, яка носить складний, відкритий і цілісний характер здатна створити конкретну структуру мотивів, що можуть спонукати працівника до високопродуктивної і якісної праці заради задоволення власних потреб та одночасно на благо всього підприємства».

Базовою передумовою забезпечення здоров'я та відтворення людських ресурсів, як важливої характеристики демографічного потенціалу є сприятливі природні умови життєдіяльності. На разі для України, та Причорноморського регіону доволі гострими залишаються екологічні проблеми, що пов'язані із забрудненням річок, стоків та інших водних об'єктів, накопиченням токсичних відходів промисловості та побутових відходів домогосподарств, викидами забруднюючих речовин у повітря. Об'єктивними природними факторами складної екологічної ситуації Причорноморського регіону є також недостатність лісистості території, маловодність краю, «підвищене забруднення північно-західної частини Чорного моря стоками великих річок – Дунаю, Дністра, Південного Бугу, Дніпра [1, с. 201]. Цілком очевидно, що більшість екологічних проблем регіону мають антропогенний характер і є наслідком неефективної екологічної політики.

Згідно інтегрального показника стану навколишнього середовища, що розраховується державною службою статистики України, [4, с.20] області Причорноморського регіону характеризуються напруженою екологічною ситуацією, про що свідчать дані таблиці 1.

Відносно високий показник інтегрального індексу природних умов в областях Причорномор'я (0,515-0,448) забезпечується за рахунок відносно невисокого коефіцієнту викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря. Разом з цим, критична ситуація спостерігається в сфері екологічного стану земельних і водних ресурсів. Результати дослідження свідчать, що протягом останніх 2010-2017 років наведені у таблиці показники зберігають певну стабільність і коливаються у межах (+0,05; -0,08). Еталонне значення за даним показником отримала Вінницька область (0,636). Визначено бали областей Причорноморського регіону за індексом сприятливості природних умов регіонального середовища життєдіяльності людини. Отримані дані проілюстровано на рис. 1.

Важливим гігієнічним чинником людського розвитку виступає якість життя населення. Погоджуємося з висновками Мокрецова С.С.: «Якість життя - це ступінь розвитку і повнота задоволення всього комплексу потреб та інтересів людей, що виявляються в різних формах життєдіяльності. Людей, насамперед, цікавлять речі, які безпосередньо впливають на їх життя: можливість знайти роботу або відкрити свій бізнес, скористатися послугами гарного лікаря, дихати чистим повітрям. Вони об'єднуються у поняття якості життя. На нашу думку, забезпечення високої якості життя населення - основний критерій оцінки ефективності влади, який довгий час лишався неусвідомленим та ігнорованим в нашій державі. Тут варто зауважити, що не всі умови якості життя можна змінити засобами державної політики: географічне розташування, клімат, ландшафт, забезпеченість природними ресурсами. Для оцінки якості життя та формування державної політики з її поліпшення принципове значення мають ті складові якості життя, що можуть бути змінені політичними засобами» [5, с.102]. Якість життя-це складна і в багатьох випадках суб'єктивна категорія, проте зважаючи на доступні статистичні джерела, автором запропоновано оцінювати даний показник як інтегральну сукупність порівняльних індикаторів: доступність житла, доступність послуг, рівень доходів населення та стан продовольчої безпеки у регіоні Обчислення наведених індикаторів у розрахунку на душу населення дозволить визначити проблеми та інструменти їх розв'язання на регіональному рівні а також конкурентні переваги областей.

Індикатор доступності житла характеризує комфортність проживання населення в аспекті забезпеченості житловою площею. На рис. 2. наведено динаміку даного показника по Україні та областях Причорноморського регіону.

Дослідження показали, що за середнім показником доступності житлової площі відсутня значна диференціація, як у динаміці так і за регіонами. При цьому, для всіх без виключення регіонів більш напруженими щодо даного показника традиційно є міста, а більш доступною – житлова площа у сільських місцевостях.

Показник доступності послуг опосередковано характеризує стан фізичного та економічного доступу населення до основних послуг і виступає важливим індикатором якості життя. Динаміку доступу населення регіонів до основних послуг у розрахунку на 1 жителя (за виключенням житлово-комунальних послуг) в поточних цінах наведено в таблиці 2.

Таблиця 1. Складові інтегрального показника навколишнього природного середовища*
Table 1. Components of the integral indicator of the natural environment

Регіон	Індекс стану земельних ресурсів, $I_{зр}$	Індекс стану водних ресурсів, $I_{вр}$	Індекс стану атмосферного повітря, $I_{атм}$	Інтегральний Індекс, $I_{інтеграл}$
АР Крим	0,271	0,434	0,679	0,431
Вінницька	0,383	0,424	0,607	0,462
Волинська	0,620	0,509	0,817	0,636
Дніпропетровська	0,307	0,283	0,078	0,189
Донецька	0,068	0,480	0,014	0,077
Житомирська	0,583	0,511	0,811	0,623
Закарпатська	0,745	0,520	0,614	0,620
Запорізька	0,044	0,198	0,425	0,154
Івано-Франківська	0,639	0,414	0,316	0,437
Київська	0,448	0,416	0,505	0,455
Кіровоградська	0,334	0,564	0,811	0,534
Луганська	0,337	0,591	0,202	0,342
Львівська	0,568	0,489	0,447	0,499
Миколаївська	0,327	0,349	0,786	0,448
Одеська	0,377	0,533	0,678	0,515
Полтавська	0,392	0,416	0,651	0,474
Рівненська	0,637	0,462	0,819	0,622
Сумська	0,282	0,273	0,766	0,389
Тернопільська	0,395	0,388	0,719	0,479
Харківська	0,388	0,288	0,528	0,389
Херсонська	0,378	0,409	0,830	0,504
Хмельницька	0,402	0,490	0,748	0,528
Черкаська	0,420	0,430	0,623	0,483
Чернівецька	0,553	0,456	0,675	0,554
Чернігівська	0,518	0,355	0,806	0,529
Середнє	0,356	0,493	0,469	0,435

*

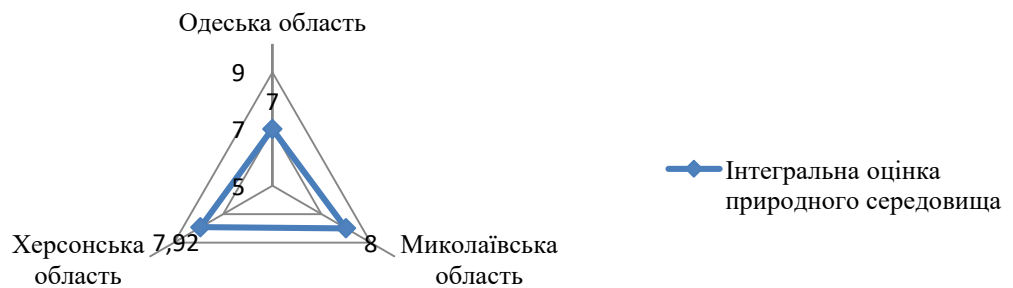


Рис. 1. Бальні показники сприятливості природних умов регіонального середовища життєдіяльності людини*
*(Розраховано автором)

Fig. 1. Ballroom indices of favorability of the natural conditions of the regional human environment

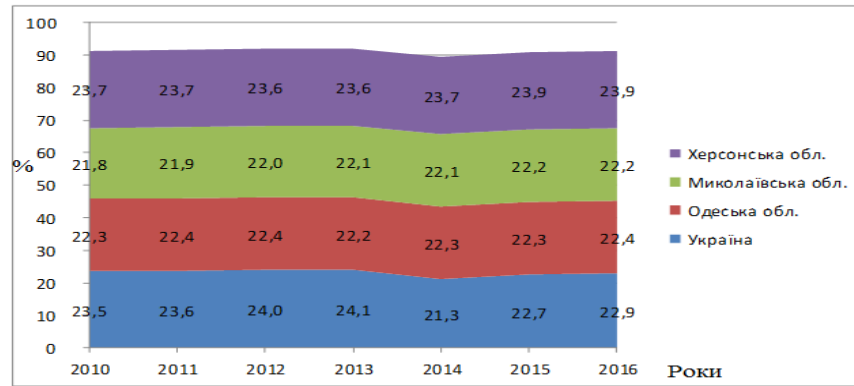


Рис. 2. Динаміка показників забезпеченості житлом, м² у розрахунку на душу населення*
*(Розраховано автором [6;7;8])

Fig. 2. Dynamics of indicators of housing, m² per capita

Таблиця 2. Показники доступності послуг для населення України та Причорноморського регіону, тис.грн.*
Table 2. Indicators of availability of services for the population of Ukraine and the black sea region, thousand UAH.

	Україна	Одеська обл.	Миколаївська обл.	Херсонська обл.
2010	1298,003	1265,12	642,45	577,79
2011	1528,81	1588,26	689,32	667,57
2012	1678,45	1593,10	771,86	696,09
2013	1777,58	1828,25	795,10	632,22
2014	1735,51	1937,68	846,80	715,13
2015	719,05	4537,79	2540,34	733,53
2016	809,63	1121,64	484,29	579,49
2016/2015	90,5	-3416,1	-2056,0	-154,03
%	12,5	-75,2	-80,9	-20,9
2016/2010	-488,3	-143,4	-158,1	1,6
%	-37,6	-11,3	-24,61	0,3

*(Розраховано автором [9; 10])

Таблиця 3. Динаміка доходів населення України та Причорноморського регіону, грн*
Table 3. Income dynamics of the population of Ukraine and the black sea region, UAH

	Україна	Одеська обл.	Миколаївська обл.	Херсонська обл.
2010	18485,6	16275,2	16993,4	14881,7
2011	21637,9	19135	20040,7	17654,3
2012	25206,4	22224,4	22878	19939,9
2013	26719,4	25571,8	23868,8	21724
2014	26782,1	24242	23458,5	20727,9
2015	31044,3	31542,6	28580	27066,9
2016	35610,1	37732	33186,6	31242,7
2016/2015	4565,8	6189,4	4606,6	4175,8
%	14,7	19,6	16,1	15,4
2016/2010	17124,5	21456,8	16193,2	16361,0
%	92,6	131,8	95,3	109,9

*(Розраховано автором [9;10])

Згідно з даними таблиці, валовий обсяг реалізації послуг зростав за період 2010-2013 як по Україні в цілому так і по областях Причорноморського регіону. Починаючи з 2014 року спостерігається тенденція щодо зниження даного індикатора. Найвідчутніше

скорочення характерне для Миколаївської (-80%) та Одеської (-75,2%) областей. На нашу думку, значне скорочення обсягів реалізації послуг пов'язано насамперед зі зростанням цін на послуги житлово-комунального господарства на фоні скорочення

реальних доходів громадян, що призвело до необхідності більшості домогосподарств відмовитися від тої частини послуг, на яких можна заощадити.

Не зважаючи на значне зростання номінальних доходів (таблиця 3), частка реальних доходів українців знижується за рахунок високих темпів інфляції. Зростає також рівень соціальної диференціації за доходами. Так, за останні три роки, частка осіб із середньодушовими еквівалентними загальними доходами на місяць нижче фактичного прожиткового мінімуму зростає з 16,7% (у 2014р.) до 51,1% на кінець 2016 року. За даними державної служби статистики, основними джерелами доходів населення у 2016 році виступає заробітна плата (в середньому по регіону 45,7%), пенсії, стипендії, допомоги та субсидії (27%), грошова допомога від родичів, інших осіб (11,7%) та доходи від підприємницької діяльності й само зайнятості (11,6%). У динаміці зростає частка доходів від родичів та інших осіб (у середньому на 5,3% за аналізований період) і знижуються доходи від підприємницької діяльності та самозайнятості (-3,6%). Така динаміка зумовлена насамперед зростанням трудової міграції за кордон та погіршенням стану підприємницького середовища.

Проведене дослідження засвідчує, що на сучасному етапі одним із найбільш важливих завдань соціальної політики України та її регіонів є забезпечення зростання реальних доходів усіх верств населення та створення умов формування середнього класу, що виступає головним джерелом інтелектуального та підприємницького потенціалу.

На наше переконання, продовольча безпека займає особливе місце в системі оцінки якості життя, оскільки наявність продовольства служить базовою умовою життєдіяльності людини, сприяє формуванню, збереженню та відтворенню демографічного потенціалу території. Доведено, що відставання фактичного споживання продуктів харчування від раціональної норми супроводжується зростанням рівня захворюваності населення.

Забезпечення продовольчої безпеки передбачає стабільне функціонування та розвиток агропромислового комплексу, функціонування ефективної інфраструктури й логістики споживчого ринку та відповідний рівень доходів, що здатний економічно забезпечити повноцінний доступ населення до якісних продуктів харчування у необхідній кількості.

Що стосується Причорноморського регіону, можна стверджувати що регіон є одним з основних у забезпеченні продовольчої безпеки України. «Вигідне географічне положення Причорномор'я, перетин державних і міжнародних морських шляхів Азово-Чорноморського басейну, ґрунтові і кліматичні особливості позитивно позначаються на розвитку сільського господарства. На цей економічний район припадає 15,0–20,0% валового збору зерна, 22,0–23,0% соняшнику, близько 25,0% овочів, що виробляються в цілому в Україні. І хоча у сільському господарстві Причорномор'я намітилася стійкість у нарощуванні обсягів виробництва аграрної продукції та її реалізації, рівень споживання основних видів продуктів харчування на душу населення залишається низьким і не відповідає науково-установленим нормам. Особливо в недостатніх обсягах споживається продукція тваринництва, овочі, фрукти, картопля і хліб» [11, с. 96].

Кінцевими індикаторами продовольчого забезпечення у регіоні є структура споживчого кошику, його відповідність санітарно встановленим нормам споживання у розрізі основних продуктів та добове споживання калорій, необхідних для повноцінного відновлення працездатності організму.

Динаміка енергетичної цінності середньодобового споживання продуктів харчування впродовж 2010-2016 років є стабільною і знаходиться в межах між мінімальним та раціональним значенням норм, встановлених міністерством охорони здоров'я України (рис. 3).

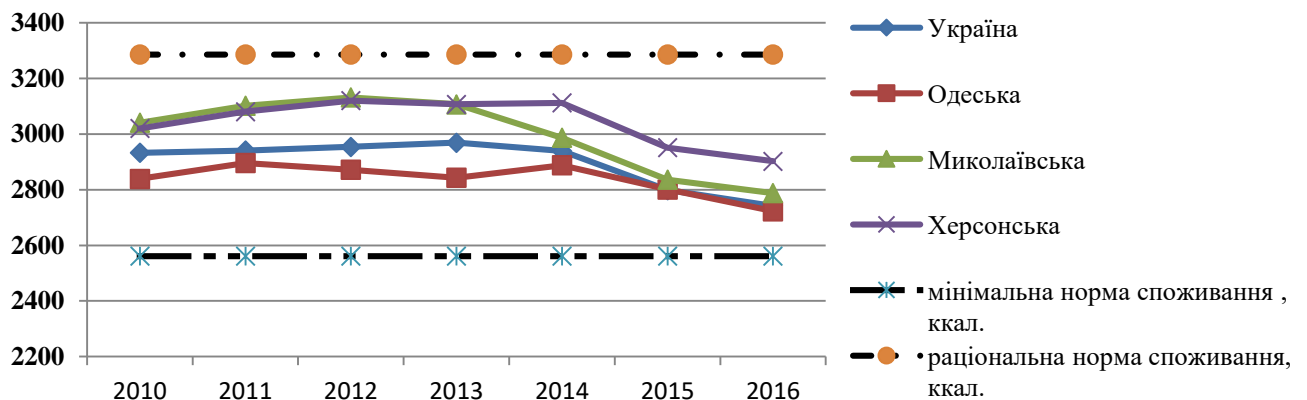


Рис. 3. Калорійність середньодобового раціону населення, ккал.*

*(Складено автором за допомогою [12])

Fig. 3. Calorie daily average diet, kcal

Таблиця 4. Нормовані показники якості життя населення у розрізі областей Причорноморського регіону, бали*

Table 4. Standardized quality of life of the population in regions of the black sea region, points.

Показники	Одеська обл.	Миколаївська обл.	Херсонська обл.
1. Рівень забезпеченості житлом, м ² /особу.			
2014	9,4	9,3	10,0
2016	9,4	9,3	10,0
зміни позицій	0,0	0,0	0,0
2. Доступність послуг, тис. грн			
2014	10,0	4,4	3,7
2016	10,0	4,3	5,2
зміни позицій	0,0	-0,1	1,5
3. Рівень доходів населення, грн			
2014	9,1	8,8	7,7
2016	10,0	8,8	8,3
зміни позицій	0,9	0,0	0,5
4. Калорійність середньодобового раціону населення, ккал			
2014	9,3	9,6	10,0
2016	9,4	9,6	10,0
зміни позицій	0,1	0,0	0,0
5. Коефіцієнт криміногенної безпеки			
2014	10,0	8,3	7,8
2016	10,0	9,2	7,9
зміни позицій	0,0	0,9	0,1
Інтегральний показник			
2014	9,6	8,1	7,8
2016	9,8	8,2	8,3

*(Складено автором за допомогою [12])

За даними державної служби статистики, у структурі споживання населення регіону знижується частка м'ясної та рибної продукції (індекс споживання відносно норм у 2016 році коливається в межах 0,97 (Херсонська область) та 0,91 (Одеська область), нижчими від нормативних значень є також індекси споживання овочів (у середньому 0,96).

З метою подальшого використання отриманих даних для розроблення стратегічних альтернатив забезпечення сталого розвитку людського потенціалу у контексті трансформаційних змін соціально-економічної системи регіону, оцінка регіональних умов за кожною з наведених складових здійснювалася за методикою бенчмаркетингу. За результатами проведеної процедури нормування показників відносно еталонних значень, що характеризують стан окремих індикаторів гігієнічних чинників розвитку людського потенціалу у межах регіону та по Україні в цілому, отримано їх бальні значення, які зведено в таблиці 4.

Аналізуючи отримані бали, можна відмітити, що порівнюючи із середніми по Україні показниками, області Причорноморського регіону характеризуються відносно високими показниками рівня забезпеченості житлом (у середньому 9,5 балів по регіону), криміногенної безпеки (9 балів), норм

середньодобового споживання калорій (9,5) та відносно високим рівнем доходів населення (у середньому 8,5 балів). Суттєвими недоліками, що знижують загальний рівень життя населення регіону є низька доступність послуг, що спостерігається у Миколаївській (4,4 бали) та Херсонській областях. Протягом 2014-2016 років не відбулося суттєвих змін у рангах досліджуваних регіонів.

Важливим «гігієнічним» ідентифікатором, що впливає на розвиток людського потенціалу території є соціальна інфраструктура та ефективність її функціонування. Для оцінки соціальної інфраструктури регіону як елементу комплексного дослідження регіонального середовища розвитку людського потенціалу, автором запропоновано використовувати відносні індикатори забезпеченості населення об'єктами соціальної інфраструктури, що сприяють розвитку людського потенціалу та збереженню здоров'я і працездатності людини, а саме: індекси доступу до навчальних закладів II, III та IV рівнів акредитації, охоплення дітей дошкільними навчальними закладами та рівень доступу населення до медичних послуг.

Рівень доступу до закладів вищої та середньої спеціальної освіти оцінюється як відношення загальної кількості навчальних закладів відповідного рівня

акредитації до 100000 осіб населення регіону у віці 16-25 років. На основі проведених розрахунків можна зробити висновок, що найвищий рівень доступу у 2016 році (18 вищих навчальних закладів у розрахунку на 100 тис. осіб) характерний для Херсонської області. Загалом, для Причорноморського регіону показники рівня доступу до вищої освіти є порівняно вищими (у середньому 16 ВНЗ), ніж в середньому по Україні (14). За параметрами доступу до середньої спеціальної освіти спостерігається аналогічна ситуація. Можна констатувати, що інфраструктурне забезпечення соціального розвитку у регіоні знаходиться у порівняно задовільному стані. Головними проблемами залишаються якість освіти та відповідність освітніх програм потребам економіки та стратегії регіонального розвитку.

Суттєвий вплив на формування й відтворення людського потенціалу є доступ до медичних послуг та їх якість. У зв'язку з цим, оцінка доступу населення до медичних послуг виступає вагомим частиним комплексного дослідження регіонального середовища. Проведений аналіз стану здоров'я населення засвідчив, що наразі загострюються проблеми щодо підвищення захворюваності та смертності в Україні внаслідок неефективної соціальної політики щодо надання медичних послуг та профілактичних заходів.

За даними центру медичної статистики Міністерства охорони здоров'я України [27] коефіцієнт дитячої смертності в державі наразі у 2,5 рази вищий, ніж у країнах ЄС, рівень передчасної смертності втричі перевищує аналогічні показники ЄС, рівень смертності від туберкульозу – у 20 разів. Особливо гостро дані проблеми постають у Причорноморському регіоні, де показники рівня

захворюваності населення за більшістю хвороб перевищують середньо українські. Основними причинами такого становища є низький рівень фізичного доступу до медичного обслуговування та його територіальні диспропорції в контексті сільських та міських поселень, не достатньо ефективна діагностика та лікування, низький рівень охоплення населення профілактичними заходами.

Оцінка доступу до медичного обслуговування традиційно здійснюється за показниками: охоплення населення лікарями усіх спеціальностей, середнім медичним персоналом та рівня забезпечення населення лікарняними ліжками.

Відповідно, узагальнений коефіцієнт доступу до медичного обслуговування розраховувався за формулою:

$$K_{д.м.п} = \left(\frac{O_l}{\chi_{нр}} \times 10000 \right) \times \left(\frac{O_m}{\chi_{нр}} \times 10000 \right) \times \left(\frac{Z_l}{\chi_{нр}} \times 10000 \right) \quad (1)$$

де, $K_{д.м.п.}$ – коефіцієнт доступності медичних послуг;

$\chi_{нр}$ – загальна чисельність постійного населення регіону;

O_l – забезпеченість населення лікарями усіх спеціальностей (кількість лікарів усіх спеціальностей на 10000 населення);

O_m – забезпеченість населення середнім медичним персоналом (кількість чисельність середнього медичного персоналу на 10000 населення);

Z_l – забезпеченість лікарняними ліжками (у розрахунку на 10000 населення).

Показники окремих індикаторів коефіцієнту в динаміці наведено у таблиці 5.

Таблиця 5. Динаміка показників доступу населення до медичних послуг*

Table 5. The dynamics of the population's access to health services

Показники	Регіони	2011	2012	2013	2014	2015	2016	Темпи приросту 2016/2011, %
Забезпеченість населення лікарями усіх спеціальностей	Україна	49,3	47,9	48	43,5	43,7	44	-10,8
	Одеська обл.	48,8	47,5	47,7	47,4	47	47,3	-3,1
	Миколаївська обл.	36,4	34,3	34,7	34,7	34	34,2	-6,0
	Херсонська обл.	36,1	36	36,3	36,3	36,2	35,6	-1,4
Забезпеченість населення середнім медичним персоналом	Україна	101	97,2	97,4	88,6	87,3	86,5	-14,4
	Одеська обл.	92	88,2	87,8	87,7	84,7	84,6	-8,0
	Миколаївська обл.	84,8	80,1	80,1	80,1	79,2	77,6	-8,5
	Херсонська обл.	94,2	90,6	91	90,8	90,3	85,8	-8,9
Забезпеченість лікарняними ліжками	Україна	90,6	89,1	88	78,5	78,1	74,3	-18,0
	Одеська обл.	89,3	86,9	85,2	83,7	82,8	79,1	-11,4
	Миколаївська обл.	85,7	84,8	84,7	85,8	84,6	74,4	-13,2
	Херсонська обл.	101	99,2	93,5	93,2	91,2	76,6	-24,2

*(Розраховано автором за формулою 1 за даними [8; 13])

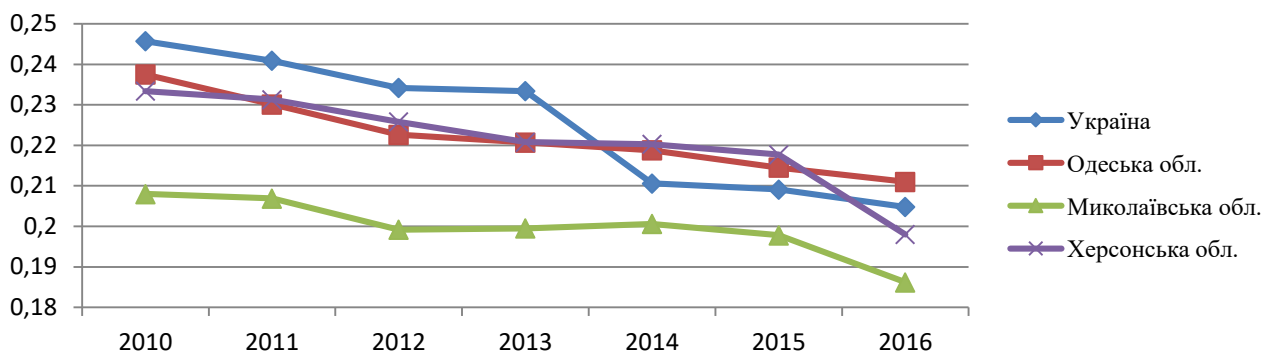


Рис. 4. Коефіцієнти доступності медичних послуг в Україні та областях причорноморського регіону*

*(Складено автором)

Fig. 4. The coefficients of availability of medical services in Ukraine and areas of the black sea region.

Таблиця 6. Нормовані показники соціальної інфраструктури у розрізі областей Причорноморського регіону, бали*

Table 6. Normalized indicators of the social infrastructure in regions of the black sea region, points

Показники	Одеська обл.	Миколаївська обл.	Херсонська обл.
1.Охоплення дітей дошкільними навчальними закладами, %			
2014	7,9	10,0	9,9
2016	7,1	8,7	10,0
зміни позицій	-0,8	-1,3	0,1
2. Індекс доступу до вищої освіти			
2014	9,7	8,1	10,0
2016	8,9	7,3	10,0
зміни позицій	-0,8	-0,8	0,0
3. Індекс доступу до середньо спеціальної освіти			
2014	6,1	10,0	8,9
2016	9,9	9,5	8,5
зміни позицій	3,8	-0,5	-0,4
4. Індекс доступу до медичного обслуговування			
2014	9,5	7,8	9,6
2016	8,8	6,7	7,1
зміни позицій	-0,7	-1,2	-2,5
Інтегральний показник			
2014	8,3	9,0	9,6
2016	8,7	8,1	8,9

*(Складено автором)

У динаміці спостерігається поступове зниження показників забезпеченості населення медичними послугами у всіх регіонах за рахунок скорочення та реструктуризації медичних закладів (зокрема у сільській місцевості), зменшення загальної чисельності медичного персоналу. Середні показники доступу до медичних послуг у Причорноморському регіоні є порівняно нижчими, ніж по Україні, що негативно впливає на санітарний стан та рівень здоров'я населення. Серед областей причорноморського регіону найвищі значення всіх досліджуваних параметрів (крім рівня забезпеченості лікарями) характерні для Херсонської області,

найнижчими є показники у Миколаївській області. Проте зважаючи на темпи скорочення індикаторів (-24%), у майбутньому показники Херсонської області досягнуть середньо регіональних значень. Динамічні параметри коефіцієнта доступності медичних послуг наведено на рис. 4.

Узагальнені оцінки порівняльних значень показників соціальної інфраструктури наведено у таблиці 6.

Спостерігається певна регіональна диференціація нормованих показників стану соціальної інфраструктури серед областей Причорноморського регіону. Так, за рівнем доступу до вищої освіти та

показником охоплення дітей дошкільними навчальними закладами лідирує Херсонська область (10 балів). Частково така ситуація пояснюється меншими темпами приросту населення у порівнянні з іншими регіонами. Лідером доступу до середньої спеціальної освіти та медичного обслуговування залишається Одеська область (відповідно 9,9 та 8,8 балів). Разом з цим, погіршення позицій за рівнем доступу до медичного обслуговування та індексом доступу до середньої спеціальної освіти спостерігається по регіону в цілому. Проведений аналіз показав, що у середньому стан соціальної інфраструктури у регіоні є нижчим ніж по Україні в цілому за переважною більшістю аналізованих індикаторів, що становить певні загрози щодо розвитку та відтворення людського потенціалу території.

Група факторів, що автором умовно названа «мотиваторами» здійснюють вплив безпосередньо на стадіях розвитку та реалізації людського потенціалу стимулюючи підвищення активності населення регіону в цих процесах, мобілізуючи додаткові зусилля, що вкладаються у власний розвиток та працю. Згідно авторської методики, до «мотиваторів» віднесено такі групи факторів, як: стан економіки регіону, інвестиційно-інноваційна активність підприємств та характеристики ринку праці.

Стан економіки вважаємо найбільш вагомим «мотиватором», що здійснює вирішальний вплив на всі сфери формування, розвитку і реалізації людського

потенціалу у регіоні та, водночас, характеризує ефективність регіонального менеджменту людських ресурсів.

Традиційно, основними показниками економічного стану регіону виступає валовий регіональний продукт (ВРП), валова додана вартість, частка промисловості у структурі ВРП та показники зовнішньоекономічної активності (експорт та імпорт). Перерахунок даних показників на душу населення дозволить здійснювати міжрегіональні порівняння щодо рівня розвитку економіки та її впливу на ефективність соціально-економічних процесів формування й реалізації людського потенціалу територій.

«Перевага ВРП полягає в тому, що за його допомогою можна не тільки оцінювати розвиток конкретної області, але й проводити об'єктивне порівняння ступеня розвитку різних регіонів країни. Основною його рисою є те, що він відображає в грошовому вираженні кінцеві результати діяльності підприємств і організацій, які поділяються за видами економічної діяльності, інституційними секторами економіки, та обмежує обчислення цих результатів певною територією» [14, с. 22].

Дослідження тенденційності кількісних і якісних характеристик валового регіонального продукту, які відбуваються в економіці Причорноморського регіону засвідчують, що протягом 2010 – 2016 рр. зростання валового регіонального продукту здійснюється швидшими темпами, ніж доданої вартості (таблиця 7).

Таблиця 7. Валовий регіональний показник та валова додана вартість в Україні та по областях причорноморського регіону у динаміці*

Table 7. Gross regional indicator gross value added in Ukraine and regions of the black sea region in the dynamics

Показники	2010	2013	2014	2015	2016	Абсолютний приріст, тис. грн		Відносний приріст, %	
						2016/2015		2016/2010	
Валовий (внутрішній) регіональний продукт у розрахунку на одну особу, тис. грн									
Україна	23600	33473	36904	46413	58016,2	11603,3	34416,3	25,0	145,8
Одеська	22544	29118	31268	41682	56271	14588,7	33726,7	35,0	149,6
Миколаївська обл.	20276	27355	30357	41501	56441	14940,4	36165,4	36,0	178,4
Херсонська обл.	14346	19311	21725	30246	41739	11493,5	27393,5	38,0	190,9
Обсяг валової доданої вартості у розрахунку на 1 особу, тис. грн									
Україна	19951	25041	25014	36263	48734	12470,3	28782,2	34,4	144,3
Одеська обл.	19388	25041	24893	35013	46705	11691,8	27316,8	33,4	140,9
Миколаївська обл.	17437	23525	24286	34031	47975	13944,3	30537,8	41,0	175,1
Херсонська обл.	12338	16607	17815	22987	33809	10822,0	21471,4	47,1	174,0

*(Узагальнено автором за [15; 16])

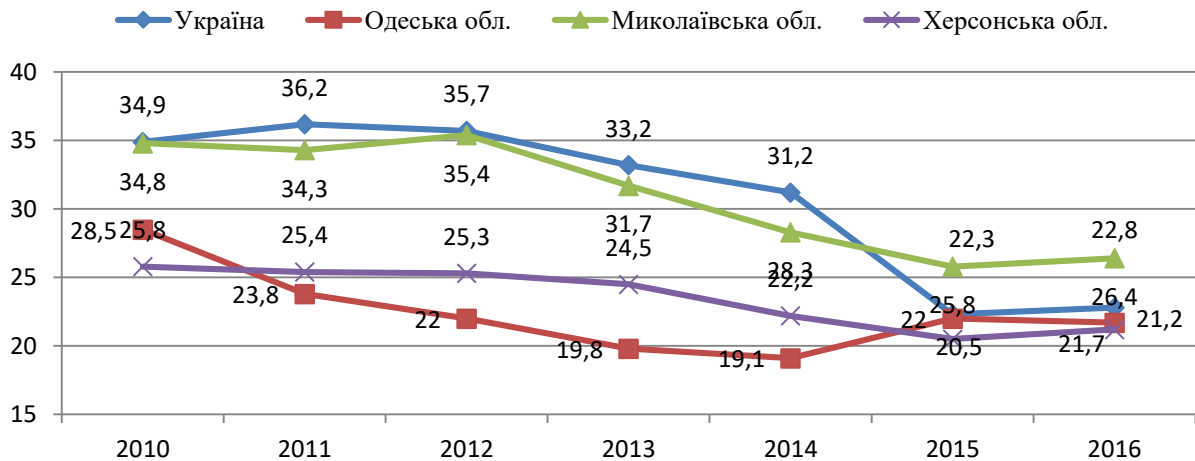


Рис. 5. Частка валового випуску добувної та обробної промисловості у структурі економіки, %
*(Розраховано автором за даними [16;17])

Fig. 5. The share of gross output of mining and manufacturing in the structure of economy, %

Вагомий вплив на реалізацію людського потенціалу в якості робочої сили та інноваційного капіталу здійснює рівень виробництва доданої вартості. Якщо валовий обсяг реалізації продукції у регіоні характеризує валовий позитивний грошовий потік, то його ефективність визначається величиною доданої вартості, яку він формує. Частка доданої вартості у структурі валового регіонального продукту характеризує ступінь технологічності переробки сировини та рівень ефективності виробничої діяльності у регіоні загалом. Обсяг валової доданої вартості у більшості випадків корелює із часткою промисловості у структурі господарства регіону. Доведено, що порівняно вищий рівень людського потенціалу спостерігається в індустріально розвинених регіонах за рахунок розвинутого ринку праці, доступу до технологій та необхідності постійно підвищувати професійні навички.

Це зумовлено насамперед збільшенням обсягів проміжного споживання, та скороченням частки переробної промисловості в економіці (рис. 5). Позитивним є зростання валової доданої вартості у структурі валового регіонального продукту у 2016 році порівняно з попереднім періодом по Україні в цілому (з 78 до 84%) та по Причорноморському регіоні зокрема: від 5% у Херсонській області до 3% в Миколаївській. В Одеській області спостерігається несуттєве зниження даного показника.

Протягом 2010-2016 років обсяг ВРП по Причорноморському регіону зріс на 97286 тис.грн. (170%), ВВП України за той-же період на 34416,3 тис. грн.(145%). Можемо констатувати, що економіка регіону зростає швидшими темпами, ніж економіка України в цілому. Нажаль, таке зростання пов'язано насамперед з девальвацією національної валюти, що за досліджуваний проміжок часу втратила свою вартість по відношенню до долара США у середньому на 260%.

На фоні поступового зниження частки переробної та добувної промисловості у структурі економіки протягом 2010-2015 років, в 2016 році спостерігається незначне зростання, що є позитивним сигналом з позиції впливу на розвиток трудової складової людського потенціалу.

Для ефективного розвитку економіки регіонів ваговою домінантою є зовнішньоекономічна діяльність, яка базується на використанні потенціалу регіональної господарської системи. При цьому провідну роль відіграє саме експорт, адже він є головним джерелом надходження валютних коштів, мотивації праці персоналу, забезпечення фінансової стабілізації регіональної економіки та її інвестиційної привабливості [18, с. 111]. Цілком погоджуючись з думкою автора, хочемо зазначити, що зовнішньоекономічна активність регіону справляє активізуючий вплив в тому числі і на розвиток людського потенціалу. Зовнішньоекономічна діяльність супроводжується дифузійною нових знань, технологій, інформації та продуктів. Вихід підприємств на зовнішні ринки, у свою чергу, стимулює їх до інвестування у розвиток трудових ресурсів, що виступає одним з найбільш вагомих джерел розвитку людського потенціалу, особливо його інноваційної складової. Зростання конкуренції на зовнішньому і внутрішньому ринках змушують підприємців впроваджувати нові технології та, відповідно, стимулювати підвищення професійних вмій і навичок персоналу, встановлювати більш жорсткі критерії відбору персоналу.

Узагальнюючими показниками зовнішньоекономічної активності регіону є обсяг і структура експорту й імпорту товарів і послуг. У таблиці 8 наведено показники зовнішньоекономічної діяльності у перерахунку на душу населення.

Як бачимо з табл. 8, в цілому спостерігається поступове зниження обсягів експорту та імпорту

продукції. У середньому по Україні таке скорочення у 2016 році порівняно з попереднім періодом та становило 40 дол. США (-4,3%) на одну особу 270 дол. США (-24%) у порівнянні з 2010.

Таблиця 8. Динаміка обсягів експорту та імпорту на душу населення*

Table 8. Dynamics of exports and imports per capita

Показники	2010	2013	2014	2015	2016	Абсолютний приріст, тис. грн		Відносний приріст, %	
						2016/ 2015	2016/ 2010	2016/ 2015	2016/ 2010
Експорт на душу населення, тис. дол США									
Україна	1,12	1,39	1,19	0,89	0,85	-0,04	-0,27	-4,3	-24,0
Одеська обл.	0,70	0,68	0,74	0,72	0,64	-0,08	-0,07	-11,8	-9,7
Миколаївська обл.	1,34	1,85	1,57	1,38	1,44	0,06	0,10	4,5	7,2
Херсонська обл.	0,32	0,34	0,34	0,22	0,23	0,01	-0,09	4,0	-27,1
Імпорт на душу населення, тис. дол. США									
Україна	1,32	1,69	1,20	0,87	0,92	0,04	-0,40	5,0	-30,5
Одеська обл.	1,47	1,44	0,87	0,40	0,515	0,11	-0,96	27,6	-65,0
Миколаївська обл.	0,73	0,79	0,54	0,49	0,592	0,10	-0,14	20,0	-18,7
Херсонська обл.	0,15	0,25	0,17	0,13	0,157	0,02	0,01	18,6	6,2

*(сформовано автором за даними [6])

Таблиця 9. Нормовані показники економічного середовища у розрізі областей Причорноморського регіону, бали*

Table 9. Normalized indicators of the economic environment in the regions of the black sea region, points

Показники	Одеська обл.	Миколаївська обл.	Херсонська обл.
1. Валовий регіональний продукт у розрахунку на одну особу, тис. грн			
2014	8,5	8,2	5,9
2016	9,7	9,7	7,2
зміни позицій	1,2	1,5	1,3
2. Обсяг валової доданої вартості у розрахунку на 1 особу, тис грн			
2014	10,0	9,7	7,1
2016	9,6	9,8	6,9
зміни позицій	-0,4	0,1	-0,2
3. Частка валового випуску промисловості у структурі економіки			
2014	6,1	10,0	8,9
2016	9,9	9,5	8,5
зміни позицій	3,8	-0,5	-0,4
4. Експорт на душу населення, тис. дол США			
2014	4,7	10,0	2,1
2016	4,4	10,0	1,6
зміни позицій	-0,3	0,0	-0,5
5. Імпорт на душу населення, тис. дол. США			
2014	7,2	4,5	1,4
2016	5,6	6,5	1,7
зміни позицій	-1,6	1,9	0,3
Інтегральний показник			
2014	7,3	8,5	5,1
2016	7,8	9,1	5,2

*(Розраховано автором)

Найбільш суттєве зниження експорту зафіксовано в Одеській області - відповідно (-80 дол. США у порівнянні з 2015 р.) та -70 дол. США у порівнянні з 2010 р. Херсонська область втратила у середньому 90 дол. США у порівнянні з 2010 роком, проте підвищила обсяги експорту в 2016 на 10 дол. На цьому фоні, Миколаївська область покращила свої позиції у 2016 році на 4,5% (від рівня 2015 року) та на 7,2% (у порівнянні з 2010 роком).

Зниження обсягів імпорту товарів і послуг у 2016 році по відношенню до попереднього періоду характерне для всіх порівнюваних об'єктів. Порівняно з 2010 роком обсяги імпорту у розрахунку на одну особу скоротилися по Україні на 400 дол. США, по Одеській області на 960 дол. США та по Миколаївській на 140 дол. США. Не значне зростання демонструє Херсонська область, де обсяги імпорту в доларовому еквіваленті зросли на 10 грошових одиниць. Основними причинами падіння експорту є насамперед втрата окремих ринків, зокрема російського та загальний спад промислової діяльності, а імпорту – зниження купівельної спроможності населення внаслідок девальвації національної валюти.

Узагальненими показниками, що дозволять провести порівняльний аналіз стану та розвитку мотиваторів є їх нормування відносно кращих показників, що досягнуто у межах сукупності з переведенням у бали. Розраховані бальні оцінки стану економічного розвитку людського потенціалу у розрізі областей Причорноморського регіону наведено у таблиці 9.

Проведені розрахунки свідчать, що лідером серед областей Причорноморського регіону за складовою економічного середовища є Миколаївська область. В цілому по регіону спостерігається зростання показників стану економіки у бальному вираженні, що можна розглядати як можливості в контексті

мотиваційного забезпечення розвитку людського потенціалу.

Не менш важливою складовою мотиваційного механізму регіонального середовища є активізація інвестиційно-інноваційних процесів. Складовою частиною політики інвестиційної діяльності є прискорення темпів створення нових робочих місць, підвищення рівня оплати праці, зокрема у промисловості та сільському господарстві, підвищення загального рівня ділової активності у регіоні.

У більшості випадків, активна інвестиційна діяльність сприяє розвитку нових технологій та створює підвищений попит на наукові розробки в економіці, що виступає рушійною силою розвитку насамперед інтелектуальної складової людського потенціалу. З іншого боку, одним з основних мотивуючих для інвесторів факторів на Україні на сьогодні є наявність відносно кваліфікованої і в той-же час дешевої робочої сили. Тож, поміж інших факторів, існує тісна залежність між інвестиційною й інноваційною діяльністю та рівнем людського потенціалу. Зважаючи на це, вважаємо, що рівень інвестиційно-інноваційної активності підприємств у регіоні виступає базовим мотиватором формування і розвитку людського капіталу.

Кінцевими статистичними вимірниками інвестиційно-інноваційної активності регіону є показники обсягів капітальних та іноземних інвестицій, виробництва інноваційної продукції, що є новою для ринку та обсягів інноваційних витрат.

Аналізуючи обсяги прямих іноземних інвестицій в економіку областей Причорноморського регіону, слід відзначити їх поступове зростання у порівнянні з 2010 роком (у середньому на 24,2 % по регіону) на фоні зниження по країні в цілому на 12,9% (табл. 10).

Таблиця 10. Динаміка показників інвестиційної діяльності у розрахунку на одну особу по Україні та областях Причорноморського регіону*

Table 10. Dynamics of indices of investment per person in Ukraine and areas of the black sea region

Період	Обсяг іноземних інвестицій на 1 особу, тис. дол.				Обсяг капітальних інвестицій на 1 особу, тис. грн.			
	Україна	Одеська обл.	Миколаївська обл.	Херсонська обл.	Україна	Одеська обл.	Миколаївська обл.	Херсонська обл.
2010	1,011	0,464	0,140	0,170	5,678	3,913	3,632	2,470
2013	1,167	0,680	0,209	0,233	5,877	4,957	4,268	1,971
2014	1,182	0,698	0,242	0,257	4,830	3,906	3,228	2,059
2015	0,949	0,597	0,197	0,195	6,362	4,166	5,145	2,910
2016	0,881	0,557	0,197	0,191	8,401	6,999	8,401	4,322
приріст, 2016/2010 %	-12,9	20,1	40,7	11,9	47,9	78,9	131,3	75,0
приріст 2016/2015, %	-7,2	-6,7	0,0	-2,2	32,0	68,0	63,3	48,5

(сформовано автором за даними [6; 19])

Таблиця 11. Динаміка середньої заробітної плати, грн.***Table 11.** Dynamics of the average wage, UAH

Регіони	2010	2013	2014	2015	2016	Приріст 2016/2010,%	Приріст 2016/2015,%
Україна	2239	3265	3480	4195	5183	131,5	23,6
Одеська обл.	2046	2947	3129	3897	4809	135,0	23,4
у порівнянні з середнім рівнем по Україні,%	-8,6	-9,7	-10,1	-7,1	-7,2	-	-
Миколаївська обл.	2122	3094	3344	3984	4887	130,3	22,7
у порівнянні з середнім рівнем по Україні,%	-5,2	-5,2	-3,9	-5,0	-5,7	-	-
Херсонська обл.	1733	2464	2617	3123	4046	133,5	29,6
у порівнянні з середнім рівнем по Україні,%	-22,6	-24,5	-24,8	-25,6	-21,9	-	-

*(складено автором за допомогою [20])

Таблиця 12. Нормовані показники ринку праці у розрізі областей Причорноморського регіону, бали***Table 12.** Normalized indicators of the labour market in the regions of the black sea region, points

Показники	Одеська обл.	Миколаївська обл.	Херсонська обл.
1. Середній рівень заробітної плати у регіоні, грн			
2014	9,0	9,6	7,5
2016	9,3	9,4	7,8
зміни позицій	0,3	-0,2	0,3
2. Навантаження на одне вільне робоче місце, осіб.			
2014	10	3,5	2,6
2016	10	4,2	1,8
зміни позицій	0	0,7	-0,8
Інтегральний показник			
2014	9,5	6,6	5,1
2016	9,6	6,8	4,8

(розраховано автором)

При цьому, загальна сума прямих іноземних інвестицій у перерахунку на одну особу залишається порівняно нижчою, ніж середній показник по Україні. Лідруючі позиції за обсягом інвестицій утримує Одеська область, де валові інвестиції на душу населення майже у 5 разів є вищими за аналогічні показники Миколаївської та Херсонської областей. У динаміці, найвищі обсяги іноземних інвестицій в економіку спостерігалися у 2013-2014 роках. Починаючи з 2015 спостерігається поступове скорочення, що пов'язано з погіршенням інвестиційного клімату в державі у зв'язку з військовими загрозами та відсутністю реформ.

Позитивним сигналом для економіки є зростання валових капітальних інвестицій. Лідерство за обсягами та темпами приросту капітальних інвестицій у 2015-2016 роках утримує Миколаївська область.

Останньою, проте не менш вагомою групою «мотиваторів», що зумовлюють механічний рух робочої сили та впливають на її розвиток є стан та тенденції ринку праці у регіоні.

Основними стимулами до підвищення продуктивності, міри задоволеності та якості праці є її гідна оплата. Молодь в таких умовах особливо швидко реагує на недоліки стимулювання праці та соціального

забезпечення, надаючи перевагу іншим видам діяльності, далеким від промисловості. Як результат, питома вага молоді від 15 до 34 років серед найманих працівників промисловості становить сьогодні лише 32,2%, що ледь вище, ніж в середньому по країні (31,7%), але менше, ніж в державному управлінні (35,5%), готелях та ресторанах (41,9%), у торгівлі (50,4%), фінансовій діяльності (56,4%)».

У свою чергу, робочим місцям в торгівлі, ресторанному господарстві притаманна низька інноваційна наповненість та продуктивність, вони поглинають вивільнювану низько - та некваліфіковану робочу силу. Зазначені зміни в структурі зайнятості, окреслені недоліки і деформації в оплаті праці, соціальному забезпеченні найманих працівників промисловості не сприяють підвищенню конкурентоспроможності робочої сили, гальмують інноваційні зміни в економіці України [35].

Середній рівень оплати праці у Причорноморському регіоні є нижчим, ніж у цілому по Україні (табл.11), що негативно впливає на соціально-економічний стан та розвиток людських ресурсів. Найменший розрив (7,2%) характерний для Одеської області, а найбільший (21,9%) спостерігається в Херсонській області. Така

диференціація зумовлена насамперед високою часткою осіб, зайнятих у сільському господарстві де рівень оплати нижчий, ніж у промисловості.

У динаміці спостерігається поступове підвищення номінальної заробітної плати приблизно однаковими темпами як по Україні в цілому так і за регіонами, що є насамперед наслідком підвищення мінімальної заробітної плати. Очевидно, що одним з найважливіших завдань управління на всіх рівнях є підвищення реальної заробітної плати, що матиме позитивний мультиплікаційний вплив на підвищення ділової активності в усіх сферах економіки та розвитку людського потенціалу регіонів у всіх його проявах.

Зведені бальні оцінки стану ринку праці та її оплати по областях Причорноморського регіону наведено у таблиці 12.

Таким чином, найкращі позиції за станом ринку праці займає Одеська область, де зважена інтегральна оцінка становить 9,6 балів у 2016 році. Найсуттєвіші загрози характерні для Херсонської області, де спостерігається одночасно найбільший рівень навантаження на одне робоче місце та найнижчий рівень оплати праці.

Отримані у результаті проведеного аналізу оцінки факторних груп регіонального середовища, дозволили визначити основні можливості та загрози розвитку людського потенціалу Причорноморського регіону та розрахувати узагальнені регіональні індекси за категоріями гігієнічних чинників та мотиваторів. За результатами проведених розрахунків побудовано матрицю мотиваційних детермінант середовища розвитку людського потенціалу у регіоні (рис. 6).



Рис. 6. Мотиваційна матриця регіонального середовища розвитку людського потенціалу*

*(власна розробка автора)

Fig. 6. Motivational matrix of the regional environment of human development

Позиції областей на матриці характеризують рівень сприятливості та збалансованості факторів, що з одного боку характеризують загальні умови для формування, розвитку і відтворення людського потенціалу, а з іншого – стимулюють до досягнення високих результатів щодо розкриття потенційних здібностей та їх гідної реалізації.

Використання запропонованої матриці дозволило визначити регіональні резерви людського потенціалу та удосконалити окремі аспекти регіональної політики. Як бачимо, Одеська і Миколаївська область потрапили у сектор, що характеризується відносно високим досягнутим рівнем мотиваційних та гігієнічних чинників, що свідчить про відносну збалансованість мотивуючих механізмів.

Регіональна політика означених областей повинна спрямовуватися у першу чергу на підтримку

досягнутого рівня та розвитку факторів регіонального середовища, що виявилися слабкими сторонами.

Стратегічними завданнями регіональних органів влади у Херсонській області, згідно положення на матриці, є формування заходів, спрямованих на посилення економічної, інвестиційно-інноваційної сфери регіонального розвитку, що здійснюватимуть стимулюючий вплив на розвиток людського потенціалу та збалансування місцевого ринку праці.

Висновки

1. Здійснено порівняльний аналіз регіональних чинників розвитку людського потенціалу у розрізі основних факторних груп, які у контексті мотиваційної теорії, умовно поділено на «гігієнічні чинники» та «мотиватори», що дозволило визначити їх

співвідношення, окреслити регіональні можливості та перешкоди розвитку людського потенціалу у окремих областях, обґрунтувати відповідні стратегічні завдання.

2. Проаналізовано стан та тенденції розвитку «гігієнічного середовища» Причорноморського регіону у за такими компонентами: природні умови, якість життя та соціальна інфраструктура. Отримані результати засвідчили, що у середньому стан соціальної інфраструктури у регіоні є нижчим ніж по Україні в цілому за переважною більшістю аналізованих індикаторів. У свою чергу, порівняльний аналіз природного середовища та якості життя показав вищі за середні по Україні результати за такими чинниками: природні умови (у середньому 8 балів), рівень забезпеченості житлом (9,5 балів по регіону), рівень криміногенної безпеки (9 балів), фактичне середньодобове споживання калорій відповідно встановлених норм (9,5 балів), відносно високий рівень доходів населення (у середньому 8,5 балів). Суттєвими недоліками, що знижують загальний рівень життя населення є низька доступність послуг, що спостерігається у Миколаївській (4,4 бали) та Херсонській (5,2 бали) областях.

3. Відзначено, що група факторів, умовно названа «мотиваторами», здійснює вплив безпосередньо на стадіях розвитку та реалізації людського потенціалу, стимулюючи підвищення активності населення регіону в цих процесах і мобілізуючи додаткові зусилля, що вкладаються у власний розвиток та працю. Згідно авторської методики, до «мотиваторів» віднесено такі групи факторів: стан економіки регіону, інвестиційно-інноваційна активність підприємств та характеристики ринку праці.

4. Проаналізовано економічні фактори регіонального середовища Причорноморського регіону та їх вплив на розвиток і реалізацію людського потенціалу. На підставі проведеного аналізу встановлено, що в цілому економіка регіону останніми роками розвивається порівняно швидшими темпами, ніж економіка України в цілому: протягом 2010-2016 років обсяг ВРП по Причорноморському регіону зріс на 97286 тис. грн. (170%), ВВП України за той-же період на 34416,3 тис. грн. (145%). Лідером за рівнем економічного потенціалу виступає Миколаївська область.

Список літератури

1. *Никифоренко В. Г.* Системне прогнозування динаміки людських ресурсів регіону. Topical questions of contemporary science: collection of scientific articles. Taunton, MA, United States of America: Aspekt Publishing, 2017. С. 199-203.

2. *Фаріон І. Д.* Стратегічний аналіз: Навчальний посібник для студентів і аспірантів. Тернопіль: ТНЕУ, 2009. 635 с.

3. *Решетило В. П., Міщенко Н. С., Шубна О. В.* Трудові ресурси регіонів: просторове розміщення та підвищення ефективності використання: монографія. Харків: ХНУМГ, 2014. 157 с.

4. Регіональний людський розвиток: статистичний бюллетень. Державна служба статистики України. Київ. 2017. 321 с.

5. *Мокрецов С. Є.* Оцінка якості життя населення як інтегральний показник для коригування державної політики охорони репродуктивного здоров'я. Економіка та держава. 2012. № 6. С. 102-105.

6. Регіони України: статистичний збірник. Державна служба статистики України, Ч. 1. Київ. 2016. 686 с.

7. Регіони України: статистичний збірник. Державна служба статистики України, Ч. 2. Київ. 2013. 655 с.

8. Україна у цифрах: статистичний збірник. Державна служба статистики України, Київ. 2017. 242 с.

9. Діяльність підприємств сфери послуг: статистичний бюлетень. Державна служба статистики України, Київ. 2016. 58 с.

10. Діяльність підприємств сфери послуг: статистичний бюлетень. Державна служба статистики України, Київ. 2013. 60 с.

11. *Боровік Л. В.* Стан економічного розвитку сільського господарства регіонів Причорномор'я та шляхи його покращення. International scientific journal. 2016. № 2. С. 94-97.

12. Баланси та споживання основних продуктів харчування населенням України: статистичний збірник. Державна служба статистики України, Київ. 2017. 56 с.

13. Україна у цифрах: статистичний збірник. Державна служба статистики України, Київ. 2012. 240 с.

14. *Полянська А.* Тенденції економічного розвитку територій України. СХІД. 2017. № 2 (148). С. 22-26.

15. Валовий регіональний продукт у 2015 році: статистичний збірник. Державна служба статистики України, Київ. 2017. 48 с.

16. Валовий регіональний продукт у 2013 році: статистичний збірник. Державна служба статистики України, Київ. 2012. 48 с.

17. Державна служба статистики. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua>.

18. *Козік М. О.* Вплив експортного потенціалу на розвиток господарського комплексу регіонів в умовах активізації Євроінтеграційних процесів. Інвестиції: практика та досвід. 2015. № 20. С. 111-114.

19. Регіони України. Державна служба статистики, Київ. 2012. 254 с.

20. Статистичний щорічник України за 2016 рік. Державна служба статистики України, Київ. 2017. 240 с.

References

1. *Nikiforenko V. G.* (2017). System dynamics forecasting human resources in the region. Topical questions of contemporary science: collection of scientific articles. Taunton, MA, United States of America: Aspekt Publishing, 199-203.
2. *Farion I. D.* (2009). Strategic analysis: a textbook for undergraduate and graduate students. Ternopil: TSTU, 635.
3. *Reshetilo V. P., Mishchenko N. S., Fur E. V.* (2014). Labour resources of regions: the spatial distribution and efficiency of use: monograph. Harkiv: UNIVERSITY 157.
4. Regional human development: statistical Bulletin. The state statistics service of Ukraine. Kiev. (2017). 321.
5. Biting Midges With. Assessment of the quality of life of the population as an integral indicator to adjust the state policy of reproductive health. The economy and the state. (2012). No. 6. 102-105.
6. Regions of Ukraine: statistical collection. The state statistics service of Ukraine, Part 1. Kyiv. (2016). 686.
7. Regions of Ukraine: statistical collection. The state statistics service of Ukraine, Part 2. Kyiv. (2013). 655.
8. Ukraine in figures: statistical digest. The state statistics service of Ukraine, Kyiv. (2017). 242.
9. The activity of the enterprises of sphere of services: statistical Bulletin. The state statistics service of Ukraine, Kyiv. (2016). 58.
10. The activity of the enterprises of sphere of services: statistical Bulletin. The state statistics service of Ukraine, Kyiv. (2013). 60.
11. *Borovik L. V.* (2016). State of economic development of agriculture regions of the black sea region and the ways of its improvement. International scientific journal. No. 2. 94-97.
12. Balances and consumption of basic foodstuffs population of Ukraine: statistical collection. The state statistics service of Ukraine, Kyiv. (2017). 56.
13. Ukraine in figures: statistical digest. The state statistics service of Ukraine, Kyiv. (2012). 240.
14. *Polyanskaya A.* Trends of economic development of Ukraine. EAST. (2017). No. 2 (148). 22-26.
15. Gross regional product in 2015: a statistical compendium. The state statistics service of Ukraine, Kyiv. (2017). 48.
16. Gross regional product in 2013: statistical collection. The state statistics service of Ukraine, Kyiv. (2012). 48.
17. The state statistics service. URL: <http://www.ukrstat.gov.UA>.
18. *Kozik N. A.* (2015). Impact of export potential on the development of the economic complex of regions in the conditions of active integration processes. Investment: practice and experience. No. 20. 111-114.
19. The Regions Of Ukraine. The state statistics service, Kyiv. (2012). 254.
20. Statistical Yearbook of Ukraine for 2016. The state statistics service of Ukraine, Kyiv. (2017). 240.

СТРАТЕГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СРЕДЫ РАЗВИТИЯ
ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА
ПРИЧЕРНОМОРСКОГО РЕГИОНА

Н. Н. Огиенко, А. В. Огиенко, Л. В. Назарова

Аннотация. В работе освещены широкий круг факторов влияния на развитие человеческого потенциала Причерноморского региона Украины. Исследованы интегральные показатели влияния природных условий регионального среды жизнедеятельности человека, обеспеченность жильем, состояние медицинского обеспечения и другие гигиенические факторы и мотиваторы. Особое внимание уделено экономическому развитию регионов, ВВП и их инвестиционной привлекательности.

Ключевые слова: человеческий потенциал, Причерноморский регион, мотиваторы, гигиенические факторы, стратегический анализ.

STRATEGIC ANALYSIS OF ENVIRONMENT
FOR DEVELOPMENT OF HUMAN CAPACITY
OF PRINCIPAL MORES REGION

M. M. Ohienko, A. V. Ohienko, L. V. Nazarova

Abstract. The paper covers a wide range of factors influencing the development of human potential in the Black Sea region of Ukraine. The integral indices of the influence of natural conditions of the regional environment of human life, housing, state of health care and other hygienic factors and motivators are investigated. Particular attention is paid to the economic development of regions, GDP and their investment attractiveness.

Key words: human potential, Black Sea region, motivators, hygiene factors, strategic analysis.

М. М. Огієнко ORCID 0000-0002-7900-2986.

А. В. Огієнко ORCID 0000-0001-5427-7978.

Л. В. Назарова ORCID 0000-0002-6929-7661.

УДК 631.3

ПЕРСПЕКТИВНІ ДЖЕРЕЛА СТРУМУ МОБІЛЬНОЇ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ

О. В. Надгочій, Л. Л. Тітова

Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна.

Кореспонденція авторів: o.nad@ukr.net.

Історія статті: отримано – січень 2019, акцептовано – травень 2019.
Бібл. 7, рис. 4, табл. 7.

Анотація. В статті розглянуто найбільш відомі джерела електричного живлення мобільної сільськогосподарської техніки. Проведено аналіз основних характеристик акумуляторних батарей, з врахуванням їх переваг та недоліків. Визначено найкращі за кількістю максимальних показників, для більшості типів Li-іон батарей. Проведене порівняння цих джерел за питомою енергією та визначено взаємозв'язок між питомою енергією і питомою потужністю.

Ключові слова: акумуляторна батарея, VRLA батарея, Li-іон батареї, питома енергія, питома потужність.

Постановка проблеми

Акумулятори (АКБ) - чи не найважливіший елемент живлення в сучасній електроніці, особливо це стосується сільськогосподарської та автомобільної техніки, де функціонування, так чи інакше, залежить від правильної роботи акумулятора. Пристрої, які використовуються на сільськогосподарській техніці, як правило, піддаються більшому зносу, за рахунок екстремальних умов експлуатації агротехніки.

Виходячи з цього, до акумуляторних батарей с.г. техніки пред'являються наступні вимоги: висока стійкість до вібрацій; здатність адаптуватися до складних умов; підвищений струм стартера; міцний корпус; збільшене число максимально допустимих циклів розряду і заряду; загальна висока зносостійкість вузла. Правильний вибір АКБ з такими показниками є досить важливе завдання.

Аналіз останніх досліджень

Найбільш поширеними акумуляторними батареями є свинцево-кислотні, нікель-кадмієві, нікель-метал-гідридні і літій-іонні [1-3].

Свинцево-кислотні. Це найстаріша електрохімічна система для АКБ. Свинцево-кислотні батареї надійні, невибагливі і економічні, з недоліків - низька питома енергоємність і обмежений цикл життя. Вони незамінними в якості акумуляторів для автомобілів та с.г. техніки. У зв'язку з тим, що свинець

є токсичним, ці акумулятори не можуть бути утилізовані на звичайному звалищі.

Нікель-кадмієві. Перевірені часом нікель-кадмієві акумулятори використовуються там, де необхідна довговічність, високий струм розряду і стійкість до екстремальної температури. NiCd батареї є одними з найбільш стійких і довговічних. Основні області застосування: електроінструмент, медичні прилади, джерела живлення для авіатранспорту. Через екологічні проблеми (кадмій дуже токсичний) нікель-кадмієві акумулятори неухильно поступаються своєю роллю іншим електрохімічним системам.

Нікель-метал-гідридні. Розроблені як заміна неекотичних NiCd акумулятора, NiMH мають у своєму складі тільки помірно токсичні метали і забезпечують більш високу питому енергоємність. NiMH акумулятори використовуються в медичному обладнанні, гібридних силових установках і промисловому обладнанні.

Літій-іонні. Будучи найбільш перспективною електрохімічною системою, літій-іонна вже замінює свинцево-кислотну і нікель-кадмієвих у багатьох областях. Вони дорожчі, ніж більшість інших акумуляторів, але велика кількість циклів заряду/розряду і низькі експлуатаційні витрати дають незаперечну перевагу в сфері джерел живлення.

Мета досліджень

Метою роботи є аналіз основних характеристик акумуляторних батарей, з врахуванням їх переваг та недоліків.

Результати досліджень

Найбільш перспективними на сьогодні є використання останньої згаданої чисельної групи АКБ. Порівняємо основні характеристик цієї групи з класичними VRLA (свинцево-кислотними) батареями.

Свинцево-кислотні акумуляторні батареї є найпоширенішими серед всіх джерел енергії для самохідної сільськогосподарської техніки. Вони в технічному плані прості, надійні і недорогі, працюють в широкому температурному діапазоні і мають відпрацьовану технологію утилізації. Проте мають і

суттєві недоліки. Перш за все це невеликий життєвий цикл, падіння напруги в міру розряду батареї, малий зарядний струм і токсичні виділення, що лишаються

після закінчення використання [1]. Основні характеристики АКБ представлені в таблиці 1.

Таблиця 1. Основні характеристики свинцево-кислотної батареї.

Table 1. The main characteristics of lead-acid batteries.

Тип джерела	Свинцево-кислотна батарея Lead-Acid
Питома енергія, Вт·год/кг	30...50
Питома потужність Вт /кг	150...300
Час заряду, годин	8...16
Саморозряд за місяць, %	5
Термін служби	3..10 років
Переваги	Можливість короткочасно віддавати високий струм; Порівняно невисока ціна у стартерному режимі;
Недоліки	Залежність ємності і напруги від температури; Падіння напруги при розряді; Малий зарядний струм; Токсичні випаровування під час заряду; Невеликий ресурс в тяговому режимі

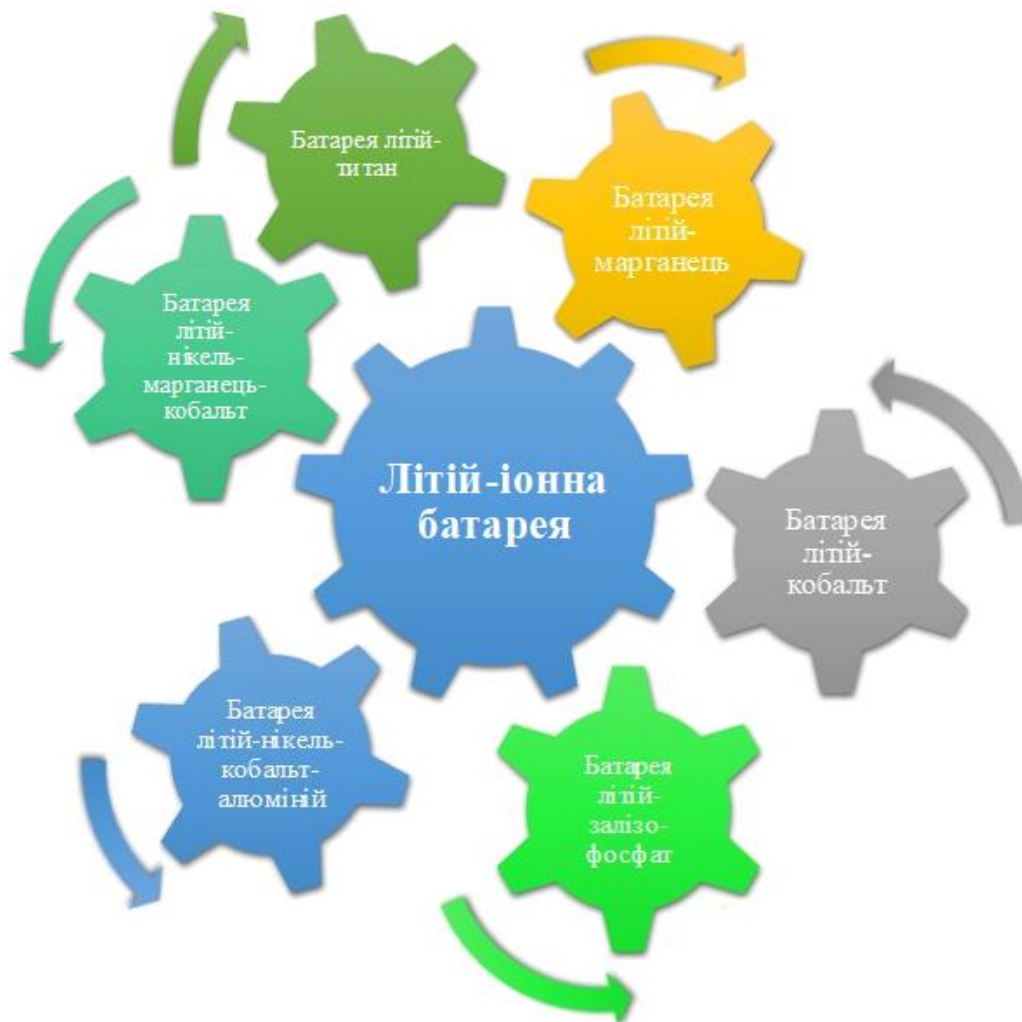


Рис. 1. Основні типи літій-іонних батарей.

Fig. 1. Main types of lithium-ion batteries.

Не дивлячись на розвиток інших джерел живлення, свинцево-кислотні батареї ще рано списувати. Розроблена ще у 1970-х роках технологія AGM (Absorbent Glass Mat), вдосконалюється і в наш час, шляхом додавання вуглецю, що дозволяє акумулятору швидше заряджатися і збільшує термін

його служби. Не зважаючи, цим АКБ прогноують подальше зростання на ринку, ведуться інтенсивні дослідження інших джерел струму, які вкрай необхідні для інтенсифікації сільськогосподарського виробництва і з часом зможуть замінити їх при комплектації самохідної сільськогосподарської

техніки. Найбільш ефективно себе показали АКБ на основі літію. На рис. 1. Схематично представлена схема основних типів Li-ion батарей.

Різні підвиди літій-іонної електрохімічної системи маркуються згідно типу своєї активної речовини, і можуть позначатися як повністю словами, так і в скороченому вигляді - хімічними формулами.

Літій-кобальтові акумулятор (LiCoO₂)

Висока питома енергоємність літій-кобальтового акумулятора забезпечує його популярність при виборі джерела живлення для мобільних телефонів, ноутбуків і цифрових камер. Акумулятор складається з графітового анода і катода з оксиду кобальту. Недоліком літій-кобальтових акумуляторів є відносно короткий термін служби, низька термічна стабільність

і обмежені можливості навантаження (питома потужність).

Літій-кобальтові акумулятор не може заряджатися або розряджатися при силі струму вище його C-рейтингу. Це означає, що осередок типорозміру 18650 ємністю 2400 мА·год. може заряджатися або розряджатися силою струму не більшою 2400 мА. Примусовий швидкий заряд або підключення навантаження, що вимагає більше як 2400 мА, призведе до надмірного стресу і перегріву. Для швидкої зарядки виробники рекомендують C-рейтинг 0,8 (2000 мА). При використанні системи захисту акумулятора вона автоматично обмежує заряд і розряд до безпечного рівня - близько 1С.

Таблиця 2. Характеристики літій-кобальтового акумулятора.

Table 2. Characteristics lithium-cobalt battery.

Кобальтит літію: LiCoO ₂ катод (~ 60% кобальту), графітовий анод Скорочене позначення: LCO або Li-кобальт. Розроблена в 1991 році	
Напруга	3,60 В номінальне; стандартний робочий діапазон - 3,0-4,2 В
Питома енергоємність	150-200 Вт * ч / кг; спеціалізовані моделі забезпечують до 240 Вт * год / кг
C-рейтинг заряду	0,7-1С, напруга зарядки 4,20 В; процес зарядки зазвичай займає 3 години; зарядка силою струму більше 1С скорочує термін експлуатації.
C-рейтинг розряду	1С; при напрузі нижче 2,50 В спрацьовує відсікач; розряд силою струму вище 1С скорочує термін служби батареї
Кількість циклів зар./розр.	500-1000, залежить від глибини розрядів, навантаження, температур
Тепловий пробій	Зазвичай при 150 °С. Повний заряд сприяє тепловому пробою
Сфера застосування	Мобільні телефони, планшети, ноутбуки, фотоапарати
Коментарі	Дуже висока питома енергоємність, обмежена питома потужність. Висока вартість кобальту. Використовується в областях, де потрібна висока ємність.

Таблиця 3. Характеристики літій-марганцевий акумулятора.

Table 3. Characteristics of lithium-manganese battery.

Літій-марганцева шпінель: LiMn ₂ O ₄ катод, графітовий анод Скорочене позначення: LNO або Li-марганцевий. Розроблено в 1996 році	
Напруга	3,70 В (3,80 В) номінальне; стандартний робочий діапазон - 3.0-4.2 В
Питома енергоємність	100-150 Вт * год. / кг
C-рейтинг заряду	Стандарт 0,7-1С; 3С максимум; зарядка до 4,20 В
C-рейтинг розряду	Стандарт 1С; існують моделі з 10С; імпульсний режим роботи (до 5 секунд) - 50С; при 2,50 В спрацьовує відсікач
Кількість циклів зар./розр.	300-700 (залежить від глибини розрядів і температури)
Тепловий пробій	Зазвичай при 250 °С. Повний заряд сприяє тепловому пробою
Сфера застосування	Електроінструмент, медичне обладнання, електричні силові агрегати
Коментарі	Висока потужність, але помірні ємність; безпечніший літій-кобальтових; зазвичай використовується разом з NMC

Літій-марганцевий акумулятор (LiMn₂O₄). Низький внутрішній опір такого осередку з літій-марганцевої шпінелі забезпечує швидку зарядку і високе можливе значення сили струму розряду. У типорозмірі 18650 літій-марганцевий акумулятор може розряджатися силою струму в 20-30 А з помірним теплоутворенням. Крім того, він здатний витримувати імпульси до 50 А протягом однієї-двох секунд. Безперервне ж навантаження в 50 А призводить до значного нагрівання акумулятора. Літій-марганцеві акумулятори використовуються для

потужних інструментів, медичного обладнання, а також в гібридному і електротранспорті.

Ємність літій-марганцевого акумулятора приблизно на третину менше ємності літій-кобальтового.

Більшість літій-марганцевих акумуляторів комбінуються з літій-нікель-марганець-кобальтовими (NMC) для підвищення питомої енергоємності і продовження терміну служби. Цей союз дозволяє використовувати сильні сторони обох систем і називається LMO (NMC). Саме ці комбіновані

аккумулятори використовуються в більшості електромобілів, таких як Nissan Leaf, Chevy Volt і BMW i3. LMO - частина такого аккумулятора, яка становить близько 30%, забезпечує високі прискорювальні можливості електродвигуна, а NMC частина відповідає за величину автономного пробігу.

Літій-нікель-марганець-кобальт-оксидний аккумулятор (LiNiMnCoO₂ чи NMC)

Одним з найбільш успішних варіантів виконання літій-іонної електрохімічної системи є поєднання нікелю, марганцю і кобальту (NMC) в катоді. За

аналогією з літій-марганцевими, ці системи можуть бути оптимізовані під ємність чи потужність. Наприклад, NMC аккумулятор в типорозмірі осередку 18650 для помірного навантаження має ємністю 2800 мА·год і може забезпечувати силу струму в 4-5 А; а версія в тому ж типорозмірі, але оптимізована під показники потужності має ємність тільки 2000 мА·год, але максимальна сила струму розряду у неї - 20 А. Показник ємності можна збільшити і до 4000 мА·год, якщо додати кремній до складу анода.

Таблиця 4. Характеристики літій-нікель-марганець-кобальт-оксидного (NMC) аккумулятора.

Table 4. The characteristics of lithium-Nickel-manganese-cobalt-oxide (NMC) battery.

Літій-нікель-марганець-кобальт-оксид: LiNiMnCoO ₂ катод, графітовий анод Скорочене позначення: NMC (NCM, CMN, CNM, MNC, MCN) Розроблено в 2008 році	
Напруга	3,60-3,70 В номінальне; стандартний робочий діапазон - 3,0-4,2 В на клітинку, або вище
Питома енергоємність	150-220 Вт * год. / кг
С-рейтинг заряду	0,7-1С, зарядка до 4,20 В, в деяких моделях до 4,30 В; процес зарядки зазвичай займає 3 години; зарядка силою струму більше 1С скорочує термін
С-рейтинг розряду	1С; деякі моделі підтримують 2С; при 2,50 В спрацьовує відсікач
Кількість циклів зар./розр.	1000-2000 (залежить від глибини розрядів і температури)
Тепловий пробій	Зазвичай при 210 ° С. Повний заряд сприяє теплового пробою
Сфера застосування	Медичне обладнання, електроавтомобілі, промисловість
Коментарі	Забезпечують високу ємність і потужність. Широкий спектр практичного застосування.

Таблиця 5. Характеристики літій-залізо-фосфатного (LFP) аккумулятора.

Table 5. The characteristics of lithium-iron-phosphate (LFP) batteries.

Літій-феро-фосфат: LiFePO ₄ катод, графітовий анод Скорочене позначення: LFP або Li-фосфат	
Напруга	3,20, 3,30 В номінальне; стандартний робочий діапазон - 2,5-3,65 В на секцію
Питома енергоємність	90-120 Вт * год. / кг
С-рейтинг заряду	1С стандарт, зарядка до 3,65 В; процес зарядки зазвичай займає 3 години
С-рейтинг розряду	1С; в деяких версіях до 25С; 40 А імпульсні струми (до 2 секунд); при 2,50 В спрацьовує відсікач (напруга нижче 2 В наносить шкоду)
Кількість циклів зар./розр.	1000-2000 (залежить від глибини розрядів і температури)
Тепловий пробій	270 ° С. Безпечний навіть при повному заряді
Сфера застосування	Портативні та стаціонарні пристрої, де необхідні високі струми навантаження і витривалість
Коментарі	Дуже рівний графік розряду, але невелика ємність. Один з найбезпечніших в сімействі літій-іонних. Використовується в спеціалізованих пристроях.

Нікель, марганець і кобальт можуть бути легко змішані, щоб задовольнити широкий спектр вимог для електротранспорту або систем акумуляування енергії, специфіка яких передбачає регулярну циклічну роботу.

Літій-залізо-фосфатний аккумулятор (LiFePO₄)

Основними перевагами таких аккумуляторів є високі показники сили струму і тривалий термін служби, до того ж вони мають гарну термічну стабільність, підвищену безпеку і стійкість до неправильного використання. Літій-фосфатні аккумулятори часто використовуються в якості заміни стартерних свинцево-кислотних. В таблиці 5 показані характеристики літій-фосфатного аккумулятора.

Чотири осередки такої батареї забезпечать напругу в 12,8 В - аналогічно напрузі шести двовольтових осередків свинцево-кислотного. Генератор транспортного засобу заряджає свинцево-кислотний аккумулятор до 14,40 В (2,40 В на секцію). Для чотирьох літій-фосфатних осередків максимальна напруга буде 3,60 В, які після підзарядки слід відключити, чого не відбувається в звичайному транспортному засобі.

Літій-залізо-фосфатні аккумулятори стійкі до перезаряду, але низькі температури також можуть стати проблемою при використанні LFP аккумулятора в якості заміни звичайному стартерному.

Літій-нікель-кобальт-алюміній-оксидних акумулятор (LiNiCoAlO₂)

Літій-нікель-кобальт-алюміній-оксидний акумулятор, або скорочено NCA, був розроблений в 1999 році і схожий з NMC акумулятором, виділяючись високою питомою енергоемністю, досить хорошою

питомою потужністю і тривалим терміном служби. Слабкими місцями є безпека і вартість. Таблиця 6 характеризує шість ключових характеристик цього акумулятора. NCA електрохімічна система являє собою подальший розвиток літій-нікелевої, додавання алюмінію дало підвищення стабільності.

Таблиця 6. Характеристики літій-нікель-кобальт-алюміній-оксид (NCA) АКБ.

Table 6. The characteristics of lithium-Nickel-cobalt-aluminum oxide (NCA) battery.

Літій-нікель-кобальт-алюміній-оксид: LiNiCoAlO ₂ катод (~ 9% кобальту), графітовий анод Скорочене позначення: NCA або Li-алюміній	
Напруга	3,60 В номінальне; стандартний робочий діапазон - 3,00-4,20 В на клітинку
Питома енергоемність	200-260 Вт * год / кг, очікується поліпшення до 300 Вт * год / кг
С-рейтинг заряду	0,7 с, зарядка до 4,20 В (більшість версій); процес зарядки зазвичай займає 3 години, для деяких версій доступна швидка зарядка
С-рейтинг розряду	1С стандарт; при 3,00 В спрацьовує відсікач; глибокі розряди вкорочують термін служби
Кількість циклів зар./розр.	500 (залежить від глибини розрядів і температури)
Тепловий пробій	Зазвичай при 150 ° С. Повний заряд сприяє теплового пробою
Сфера застосування	Медичне обладнання, промисловість, електричні силові агрегати
Коментарі	За характеристиками дуже схожий на літій-кобальтові. В основному використовується в пристроях, що вимагають високих показників емності

Таблиця 7. Характеристики літій-нікель-кобальт-алюміній-оксид (NCA) АКБ.

Table 7. The characteristics of lithium-Nickel-cobalt-aluminum oxide (NCA) battery.

Титанат Літія: графітовий катод, Li ₄ Ti ₅ O ₁₂ анод Скорочене позначення: LTO або Li-титанат	
Напруга	2,40 В номінальне; стандартний робочий діапазон - 1,80-2,75 В на клітинку
Питома енергоемність	70-80 Вт*год./кг
С-рейтинг заряду	1С номінальне; 5С максимальне; зарядка до 2,85 В
С-рейтинг розряду	10С допустимо; 30С імпульс (5 секунд); при 1,80 В спрацьовує відсікач
Кількість циклів зар./розр.	3000-7000
Тепловий пробій	Один з найбільш безпечних літій-іонних акумуляторів
Сфера застосування	Електричні силові агрегати (Mitsubishi i-MiEV, Honda Fit-EV), вуличне освітлення на сонячних елементах
Коментарі	Тривалий термін служби, швидка зарядка, широкий температурний діапазон, але низька питома енергоемність і висока вартість

Літій-титанатний акумулятор (Li₄Ti₅O₁₂)

У класичному літій-іонному акумуляторі анод графітовий, в АКБ з титанату літію - з нанокристалів титаната літію. Графіт присутній в складі літій-титанатного акумулятора, але вже в ролі катода.

У цього акумулятора номінальну напругу осередку становить 2,40 В (табл. 7), він може бути дуже швидко заряджений і забезпечує високий струм розряду – 10 С, тобто в 10 разів перевищує показник його емності. Кількість циклів заряду/розряду більше, ніж у звичайного літій-іонного.

Літій-титанатний акумулятор безпечний, має відмінні низько температурні характеристики - при мінус 30 °С його емність зберігається на рівні 80%. Але вартість такого акумулятора висока, а показник питомої енергоемності в 65 Вт * год/кг дозволяє конкурувати хіба що з нікель-кадмієвими. Номінальна напруга осередку літій-титанатного акумулятора складає 2,80 В; працездатним акумулятор вважається до значення 1,80 В.

Діаграма наглядно демонструє максимальну кількість - 4 кращих показників у батареї LTO. Деякі гірші (по 3 показника) мають LFP та LMO батареї. Всім іншим належить по одному кращому показнику. Однак для вибору оптимального варіанту батареї навіть максимальна кількість таких показників не є вирішальною з причини функціонального призначення. Ще одним стримуючим фактором є вагомість кожного показника. Ці показники не є рівнозначними. Найбільш важливим на нашу думку є показник питомої енергії АКБ.

Порівняння питомої енергоемності свинцевих, нікелевих і літєвих АКБ (рис. 3) показує, що в той час, як літій-алюмінієва (NCA) АКБ є явним переможцем по цьому параметру, не варто забувати і про інші важливі характеристики, де перевага знаходиться у інших систем. Відносно питомої потужності і термічної стабільності лідерами є літій-марганцева (LMO) і літій-фосфатна системи (LFP). Літій-титанатна (LTO) не відрізняється видатної енергоемністю, але за тривалістю життя і

низькотемпературних характеристик їй немає рівних. Найбільш повну відповідність вимогам живлення електричних силових агрегатів, безпеки і кількості

циклів заряду/розряду по праву роблять літій-кобальтову (LCO) систему найпоширенішою на сьогоднішній день.

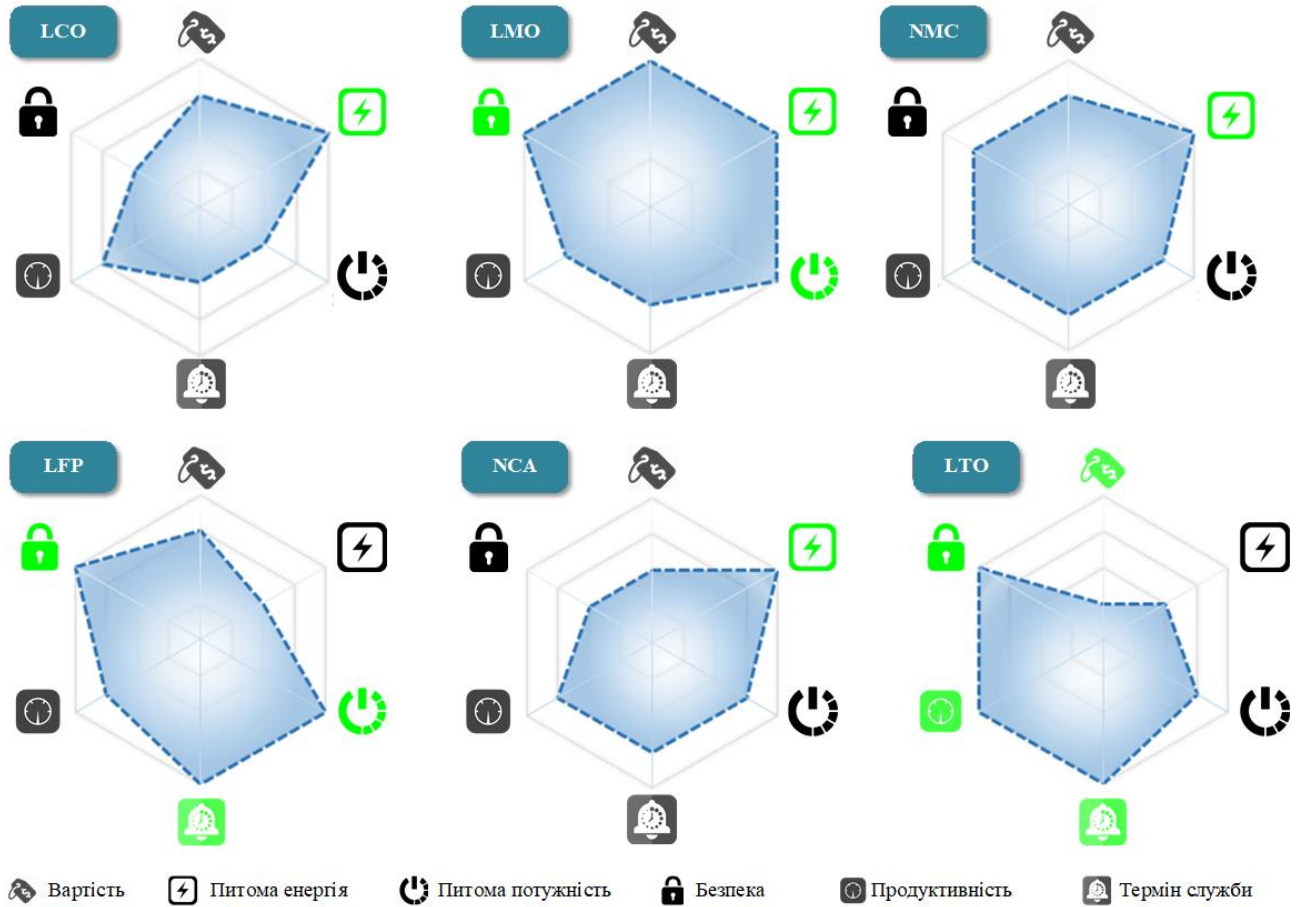


Рис. 2. Пелюсткові діаграми зведених експлуатаційних показників літій-іонних батарей (зеленим позначено найкращі показники).

Fig. 2. Radar summary chart operational performance lithium-ion batteries (green color indicates the best performance).

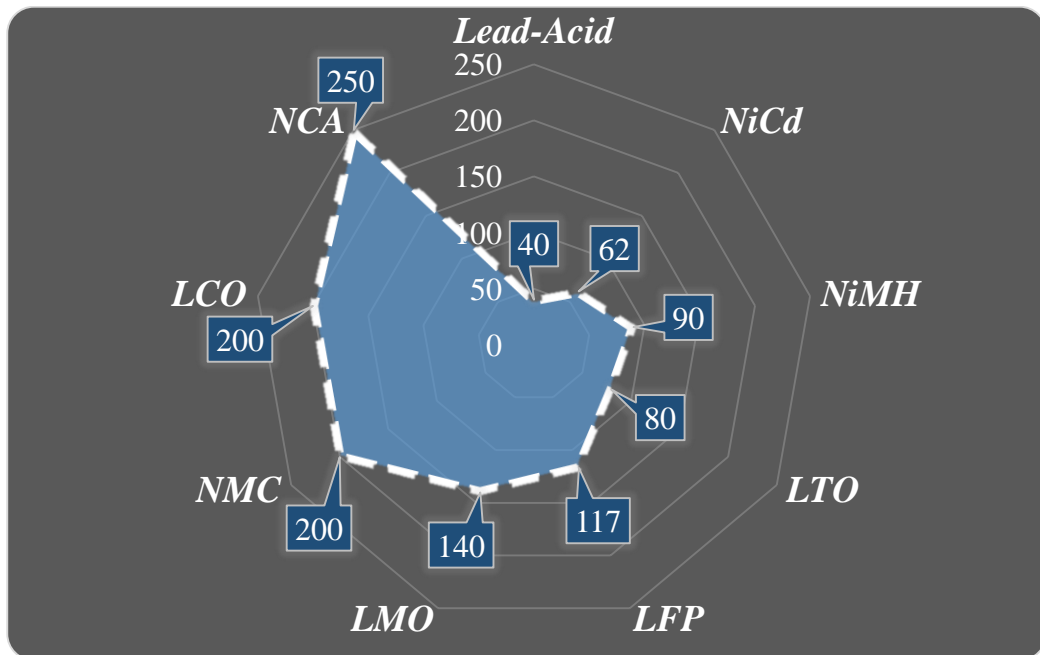


Рис. 3. Показники питомої енергоємності свинцевих, нікелевих і літійових акумуляторних батарей.

Fig. 3. Indicators specific energy consumption of lead, Nickel and lithium batteries.

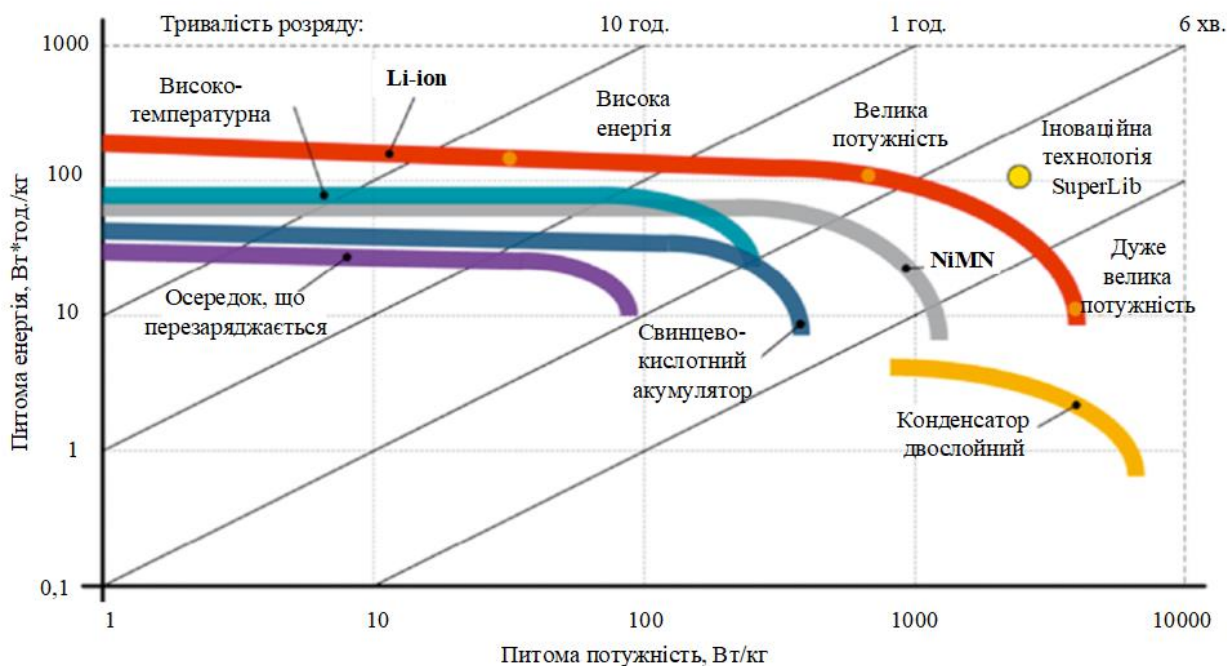


Рис. 4. Взаємозв'язок між питомою енергією і питомою потужністю для АКБ.

Fig. 4. The relationship between energy density and power density for battery.

Досить важливим показником використання АКБ для сільськогосподарської техніки є необхідність видавати високий струм і велику потужність протягом 5-10 хв. З цієї точки зору ключовим відмінністю між літій-іонними і VRLA (свинцево-кислотними) акумуляторами є те, наскільки сильно вони розряджаються за цей час. Наприклад, *потужний* акумулятор може підтримувати повне навантаження протягом 1-2 хв, при цьому акумулятор розрядиться на 80%.

Енергоємний елемент розрахований на надання відносно невеликої потужності протягом тривалого періоду. *Ємний* акумулятор може надати таку ж потужність протягом того ж проміжку часу, але при цьому витрачається тільки 10-30% ємності акумулятора.

На рис. 4 показано співвідношення між енергією і потужністю для різних технологій накопичення енергії разом з відповідним впливом на час роботи. Низхідна крива для кожної лінії вказує на обмеження акумулятора в частині надання її повної енергетичної ємності за більш короткий час. Варте увагу відносно положення на графіку як питомої енергії, так і питомої потужності свинцево-кислотних та літій-іонних акумуляторів. Таким чином, літій-іонні акумулятори мають два варіанти виконання - з силовими і енергоємними елементами. У той же час через обмеження хімії і технології свинцево-кислотні АКБ можуть застосовуватися виключно в якості енергоємних елементів.

Висновки

1. Сьогодні сільське господарство, як локомотив економіки змушує машинобудування працювати на себе, щоб замінити нарешті на ринку вживану

імпортну техніку. Власний вітчизняний трактор, комбайн буде потребувати ефективного джерела енергії для своєї роботи.

2. Технічні характеристики автономних джерел енергії на базі традиційних VRLA АКБ і перспективних Li-ion дадуть можливість як розробникам, так і користувачам самохідної сільськогосподарської техніки зробити правильний вибір при підборі джерела енергії.

Список літератури

1. Кедринский И. А., Дмитренко В. Е., Поваров Ю. М., Грудянов И. И. Химические источники тока с литиевым электродом. НТУ «ХПИ», Харьков, 2019. 320 с.
2. Болотовский В. И. Литиевые источники тока. Энергоиздат, Москва, 2018. 246 с.
3. Русин А. И. Усовершенствование положительного электрода свинцового аккумулятора. Электротехническая промышленность. Серия 22. Источники тока: Обзор. Москва. Информэлектро, 2018. 56 с.
4. Янченко В. С. Разработка свинцовых аккумуляторов повышенной удельной энергии для электромобилей: Автореферат дисс. на соискание уч. степени канд. техн. наук. ИХТИ. Иваново, 2017. 27 с.
5. Северный А. Э., Пучин Е. А., Мельников А. А. Использование, хранение и ремонт аккумуляторных батарей. Москва. ГОСНИТИ, 2018. 112 с.
6. Types of Lithium-ion. <https://batteryuniversity.com>.
7. Аккумуляторные батареи. <https://best-energy.com.ua/support/batter>.

References

1. *Kedrinsky S. A., Dmitrenko E. V., Cooks Y. M., Prodanov S. S.* (2019). Chemical current sources with lithium electrode. NTU "KHPI", Kharkov, 320.
2. *Bolotovskii, V. S.* (2018). Lithium current sources. Energoizdat, Moscow, 246.
3. *Rusin A. S.* (2018). Improvement of the positive electrode lead battery. Electrical PROMSTROI. Series 22. Current sources: a Review. Moscow. Informelectro, 56.
4. *Yanchenko, V. C.* (2017). Development of lead-acid batteries of high specific energy for electric vehicles: abstract of Diss. on competition degree candidate. tech. Sciences. ATI. Ivanovo, 27.
5. *North A. C., Puchin E. A., Melnikov A. A.* (2018). Use, storage and repair of batteries. Moscow. GOSNITI. 112.
6. Types of Lithium-ion. <https://batteryuniversity.com>.
7. Rechargeable batteries. <https://best-energy.com.ua/support/battery>.

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ИСТОЧНИКИ ТОКА МОБИЛЬНОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

А. В. Надточій, Л. Л. Тітова

Аннотация. В статье рассмотрены наиболее известные источники электропитания мобильной сельскохозяйственной техники. Проведен анализ основных характеристик аккумуляторных батарей, с учетом их преимуществ и недостатков. Определены лучшие по количеству максимальных показателей, для большинства типов Li-ion батарей. Проведено сравнение этих источников по удельному энергии и определена взаимосвязь между удельной энергией и удельной мощностью.

Ключевые слова: аккумуляторная батарея, VRLA батарея, Li-ion батареи, удельная энергия, удельная мощность.

PERSPECTIVE SOURCES OF MOBILE AGRICULTURAL MACHINERY CURRENCY

O. V. Nadtochy, L. L. Titova

Abstract. The article deals with the most well-known sources of electric power of mobile agricultural machinery. The analysis of the main characteristics of storage batteries, taking into account their advantages and disadvantages, is carried out. The best-of-breed numbers for the most types of Li-ion batteries are defined. A comparison of these sources with respect to specific energy was made and the relationship between specific energy and specific power was determined.

Key words: battery, VRLA battery, Li-ion battery, specific energy, specific power.

О. В. Надточій ORCID 0000-0002-1849-9538.

Л. Л. Тітова ORCID 0000-0001-7313-1253.

УДК 631.173

ДОСЛІДЖЕННЯ ПОТРЕБИ В ОСНАЩЕННІ АПВ ОБЛАДНАННЯМ ДЛЯ ТВАРИННИЦТВА

А. О. Науменко, Д. С. Тимчук, О. А. Науменко

Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка, Україна.

Кореспонденція авторів: *ol.naumenko@i.ua*.

Історія статті: отримано – грудень 2018, акцептовано – травень 2019.

Бібл. 11, рис. 7, табл. 3.

Анотація. В агропромисловому виробництві України проходять процеси, які суттєво впливають на стан речей в тваринницькій галузі, що потребує глибокого комплексного аналізу для розробки перспективних стратегій постачання технічного оснащення ферм. Проведений аналіз динаміки і тенденції змін в порівнянні з 1990 р. виробництва і витрати кормів на годівлю тварин, динаміки виробництва м'яса різних видів, поголів'я тварин і птиці, динаміки виробництва основних видів тваринницької продукції, тенденції змін продуктивності тварин, вивчені процеси які впливають на комплектування оснащення, прогнозування потреби в кількісному і модельному вимірі.

Встановлено що сектор вирощування і реалізації яєць і птиці практично досяг максимального розвитку і подальше придбання обладнання буде потрібне для обслуговування, ремонту, а також для реконструкції у відповідності з новими європейськими стандартами.

Розвиток виробництва свинини практично заторможено розповсюдженням африканської чуми свиней. Зростання потреби в обладнанні буде залежати від успіхів в боротьбі з АЧС.

Найбільший потенціал буде мати найближчим часом ринок оснащення ферм великої рогатої худоби. Особливо коли буде знятий мораторій на продаж землі і фермери почнуть розвивати малі і середні тваринницькі ферми.

Аналіз поголів'я свідчить що в західному і центральному регіонах найбільше вирощування свиней, а в північному і центральному вирощування птиці (відповідно 23932 і 57993 тис. гол), велика рогата худоба переважає в північному (330,4 тис. гол) і центральному (410,3 тис. гол.). Тобто найбільш перспективним центральний регіон.

Обладнання для виробництва кормів буде затребувано для кукурудзи на силос, концентрованих кормів.

Ключові слова: обладнання для тваринництва, планування, тваринницька продукція, динаміка змін, ВРХ, свині, птиця.

Постановка проблеми

В сучасних умовах розвиток галузі тваринництва тісно пов'язаний з модернізацією виробництва. Не

дивлячись на те що експорт тваринницької продукції в 2017р зріс майже на 50%, він складає лише 6% валогної виручки аграрного експорту [1]. А деякі сектори тваринництва продовжують падіння.

Модернізація можлива тільки шляхом сучасного облаштування виробництва [2, 8, 9], оснащення його новітнім обладнанням.

Постачальникам і виробникам машин, обладнання та запасних частин до них постійно необхідно розраховувати [3], прогнозувати кількісні параметри поставок, характеристики моделей, спираючись на динаміку розвитку галузі (поголів'я, продуктивність, потреба в кормах, тощо). При цьому також важливо, який сектор тваринництва в який період буде мати зростання (ВРХ, свиноводство, і т.п.) [4], тобто існуючі тенденції розвитку.

Потреби відповідного технічного оснащення і конкретних його моделей залежить від сукупності певних умов (політичних, законодавчих і т.п.), збігу обставин і стану речей які впливали і здатні вплинути на прийняття рішення і успішної реалізації проекту. Запити сьогодення вимагають поглиблених досліджень складних процесів, які відбуваються в тваринницькій галузі.

Аналіз останніх досліджень

Теоретичні основи матеріального забезпечення сільськогосподарського виробництва досить ґрунтовно розглянуті колективом авторів в роботі [6, 10, 11]. Але відносно практичного використання для обґрунтування технічного оснащення підгалузей тваринництва відомостей недостатньо.

Дослідження виконані в попередні роки базуються на фундаментальних положеннях планової системи державного управління матеріально-технічним забезпеченням агропромислового комплексу [7]. Реалії ринкових взаємовідносин вимагають зовсім інших підходів до розвитку технічного забезпечення тваринницьких виробництв.

Аналітики констатують [5], що однією із основних проблем на нинішньому етапі розвитку галузі тваринництва застарілі технології, недостатній рівень технічних засобів і основних фондів – відповідно низька рентабельність та незацікавленість в фінансуванні і збільшенню виробничих витрат.

Надію надає те, що уряд розробляє інвестиційно-інноваційну модель розвитку тваринництва, яка передбачає фінансову підтримку запровадження нових виробничих технологій вирощування молодняка худоби апробованих світовою практикою. Також починає діяти Державна цільова програма розвитку тваринництва шляхом розробки інвестиційних бізнес-проектів [6].

На 01.01.2016 р. в Україні існували 355 підприємств, в яких поголів'я ВРХ більше 1 тис. голів, 283 з чисельністю поголів'я свиней більш як 2 тис. голів, 144 птахопідприємств з поголів'ям більш як 50 тис. гол. [5]. Домінуюче становище в структурі постачання обладнання на оснащення цих підприємств займало імпортне обладнання фірм Швеції, Данії, Німеччини, Італії, Туреччини, а в останні роки і Китаю.

Мета досліджень

Тому метою досліджень було вивчення динаміки і тенденцій зміни тих параметрів, які впливають і є визначальними для прогнозування перспективних напрямів, об'ємів і моделей технічного оснащення галузі тваринництва.

В якості задач було виконання аналізу динаміки, оцінка можливостей та визначення перспектив розвитку оснащення виробництва, попиту на машини, обладнання та запасні частини.

Для реалізації поставленої мети була визначена система показників, які дають підґрунтя для прогнозування потреби в обладнанні з відповідними параметрами.

Результати досліджень

Деякі з найбільш значущих показників наведені в даній роботі. А саме:

- виробництво і витрати кормів на годівлю тварин;
- динаміка змін витрат кормів
- динаміка виробництва м'яса різних видів;
- тенденції змін поголів'я тварин і птиці;
- динаміка виробництва основних видів тваринницької продукції;
- тенденції змін продуктивності тварин;
- кількість тварин і птиці по регіонах;
- характеристика і кількість господарств по регіонах.

Дослідження базувались на даних Держкомстату України шляхом визначення щорічних коефіцієнтів відносно базового показника 1990 року, які були прийняті умовно еталонними.

Виробництво і витрати кормів на годівлю тварин. Машини і обладнання для виробництва і заготівлі кормів яке існувало в господарствах в період з 1990-2000 рр. кількісно зменшилось і стабілізація виробництва з 2000 р. до 2017 р. призвела до поступового оновлення на рівні 10-20% від кількісного складу 1990 р. (рис. 1) Безумовно першочергово

очікується збільшення виробництва концентрованих кормів, що потребує нового відповідного обладнання.

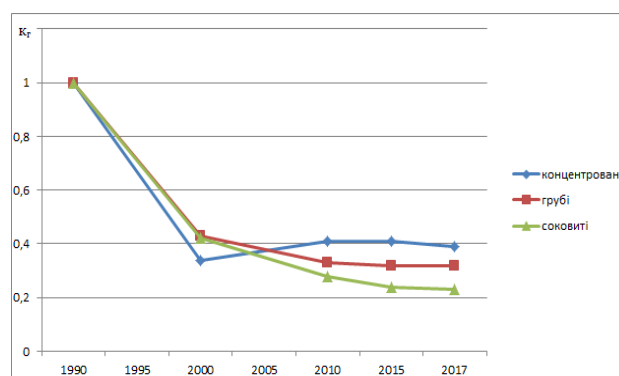


Рис. 1. Затрати кормів на годівлю сільськогосподарських тварин.

Fig. 1. Cost of feed to feed farm animals.

Питомі витрати кормів на одиницю продукції. Важливим показником для планування технічного оснащення є витрати кормів для виробництва одиниці продукції. Так на одну умовну голову великої рогатої худоби витрачається 30-32 центнери кормових одиниць. І цей параметр має незначні коливання починаючи з 1990 р.

На приріст 1 ц ВРХ витрачається 10-11 ц кормових одиниць. Спостерігається зменшення за роки які розглядаються на 10%. Приріст свиней і виробництво молока в порівнянні з 1990 роком зменшилось майже на 25% і становить відповідно 5,35 і 0,94 ц кормових одиниць. В цілому по сільськогосподарських підприємствах витрати концкормів за останні роки збільшилось на 40-50%, а соковитих і грубих відповідно спостерігається тенденція на зменшення.

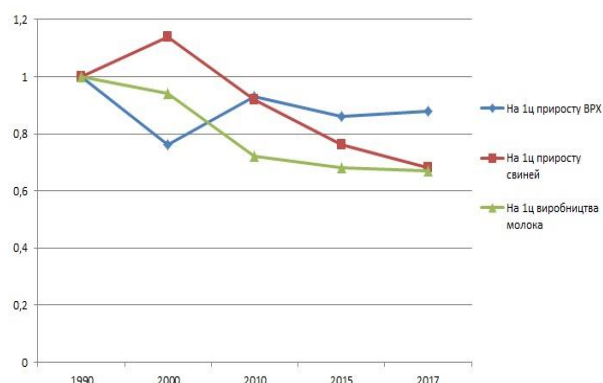


Рис. 2. Динаміка змін витрат кормів на виробництво центнеру продукції (ц. кормових одиниць).

Fig. 2. The dynamics of changes in feed cost of production per quintal of production (p. fodder units).

Виробництво кормових культур. Аналіз засвідчує (рис. 3), що виробництво силосу і багаторічних трав на зелений корм зменшилось більше ніж в 10 разів. Тому нині відповідні машини закупаються лише на заміну списаної техніки. Але з іншого боку відбувається збільшення виробництва кормових культур, що змусить сільгоспвиробників закуповувати нову

техніку. Кормові коренеплоди мають зменшитись на третину і їх виробництво на такому рівні залишиться на найближчу перспективу.

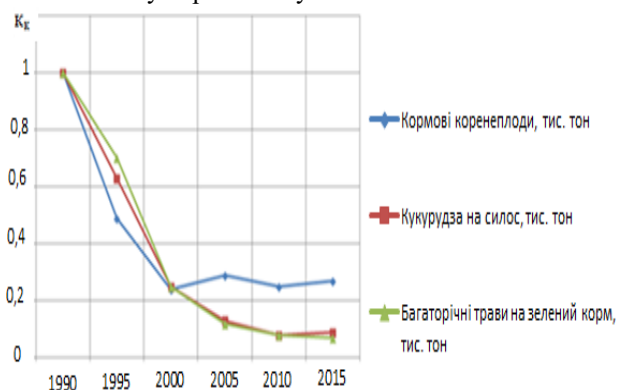


Рис. 3. Виробництво кормових культур.

Fig. 3. The production of forage crops.

Динаміка виробництва м'яса. Рівень виробництва м'яса та його споживання є головним індикатором розвитку тваринництва.

Вивчення зміни об'ємів виробництва м'яса різних видів дає інформацію для постачання обладнання переробної галузі, а також розвитку відповідної підгалузі в майбутньому. Так очевидно, що птахівництво досягло рівня 1990р. в 2007р. і перевищило на більш як 60% в 2017р. Оснащення виробництва яловичини і баранини буде відбуватися в значних об'ємах в найближчі роки. Подальший розвиток тваринництва неможливий без наявності емного ринка збуту. Внутрішнє споживання м'яса і молока буде збільшуватись у міру зростання доходів населення. Але звичайно цього недостатньо. Тому планується що до 2015р експорт м'яса птиці збільшиться на 33% яловичини на 21%, свинини на 19% [1].

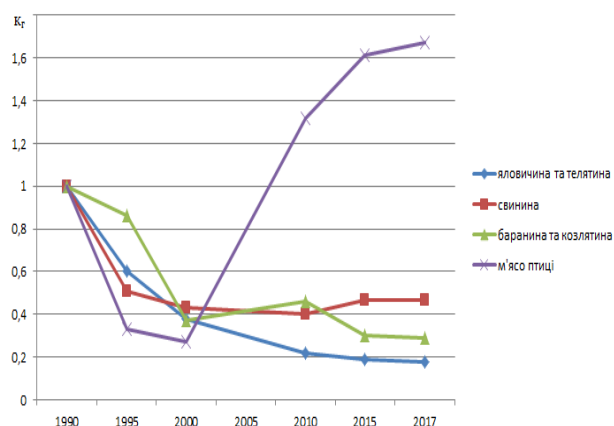


Рис. 4. Виробництво м'яса.

Fig. 4. The production of meat.

Тенденції змін поголів'я і птиці. Найбільш важливим параметром пов'язаним з кількісним і модельним рядом обладнання є наявність і змінюваність поголів'я. стабільно розвивалось і оснащувалось птахівництво. Воно займає 94% в структурі тваринництва. цьому сприяло те, що майже половина дотацій, які виділяє уряд йшли на підприємства, що спеціалізуються на птахівництві.

Почало розвиватися активно і свинарство, але спалах африканської чуми свиней 2012 р. і регулярні спалахи в різних регіонах з 2015 р. призупинили розвиток. З рис. 5 видно, що в порівнянні з 1990 роком поголів'я всіх галузей зменшилось. Стабільне падіння поголів'я ВРХ спостерігається на всьому проміжку (досягло критичного стану $K_{пх} = 0,14$), можемо очікувати збільшення поголів'я за рахунок середніх і малих фермерських господарств, а відповідно і закупівлі техніки.

Таблиця 1. Кількість худоби і птиці в сільгосп підприємствах по регіонах на 1 січня 2018 р.

Table 1. The number of livestock and poultry in agricultural enterprises by regions as of January 1, 2018.

Регіон	Області		Поголів'я, тис. гол.
Західний	Чернівецька, закарпатська, Івано-Франківська, Хмельницька, Волинська, Рівненська, Тернопільська, Львівська	ВРХ	214,4
		Свині	942,5
		Птиці	18150,1
Центральний	Полтавська, Дніпропетровська, Кіровоградська, Черкаська, Вінницька	ВРХ	410,3
		Свині	937,0
		Птиці	57993,1
Північний	Київська, Чернігівська, Сумська, Житомирська	ВРХ	330,4
		Свині	577,4
		Птиці	23932
Східний	Донецька, Луганська, Харківська	ВРХ	135,9
		Свині	515,9
		Птиці	4720
Південний	Запорізька, Херсонська, Миколаївська, Одеська	ВРХ	75,6
		Свині	330,8
		Птиці	7719,7

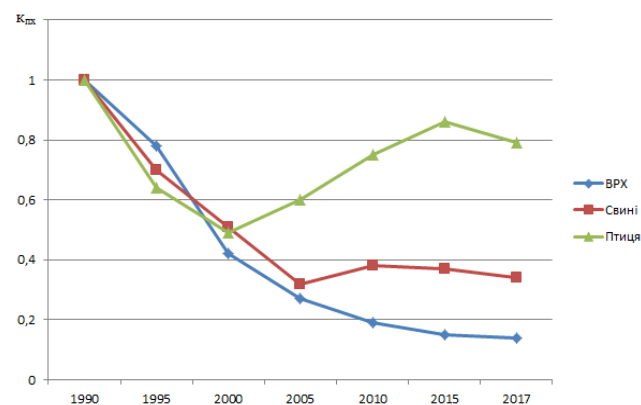


Рис. 5. Поголів'я худоби та птиці [4].

Fig. 5. Livestock and poultry [4].

Для того щоб змінити негативну тенденцію Державною програмою підтримки сільського

господарства галузі виділяється 4 млрд. гривень на 2018 р. для закупівель племінного ВРХ, ембріонів та сперми, а також на будівництво і оснащення ферм.

Динаміка виробництва основних видів тваринницької продукції. Дослідження показали, що в нинішній перехідний період не спостерігається чіткої кореляції між змінами кількісного складу поголів'я і виробництвом та реалізацією тваринницької продукції. Тому був виконаний аналіз тенденції змін реалізації продукції тваринництва за 1990-2017 рр. Це дозволить більш обґрунтовано підходити до питання забезпечення технічними засобами, які пов'язані з обсягами виробленої продукції. Як бачимо (рис. 6) [4] різні галузі тваринництва не однозначно змінювались. Виробництво яєць стабільно збільшувалось починаючи з 2000 р. і в 2010-2015 рр. перевершило показники 1990 р. Не зважаючи на зменшення поголів'я ВРХ ($k_{\text{пх}}=0,14$) виробництво молока з 2000 до 2005 р. стабілізувалось, а після 2005р. спостерігається зростання продажу молока до $k_{\text{пт}}=0,54$. При цьому слід враховувати, що лише 30-40% молочно-товарних ферм працюють на сучасному обладнанні. Таким чином потрібно мати на увазі, що неминуче зростання поголів'я призведе до кратного збільшення виробництва продукції.

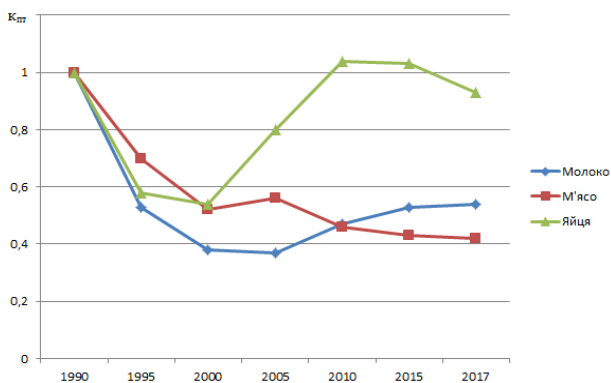


Рис. 6. Реалізація тваринницької продукції.
Fig. 6. The implementation of animal products.

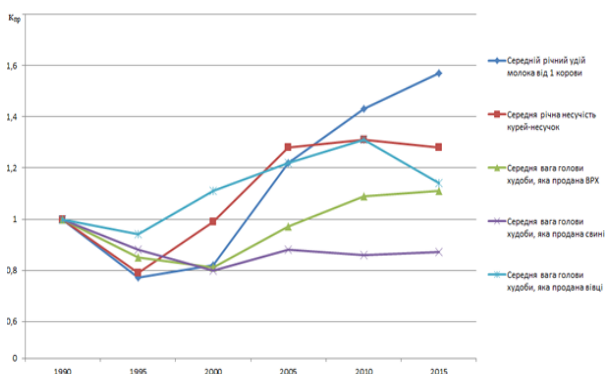


Рис. 7. Зміна продуктивності галузей відносно 1990 р.

Fig. 7. To change the performance of sectors relative to 1990.

Зміни продуктивності тварин. Під час розрахунку і вибору окремих моделей обладнання виходять із наявності поголів'я [2, 3], але як свідчать виконані дослідження (рис. 7) [4] продуктивність тварин після

2000 суттєво збільшилась (по деяким видам в 1,2...1,5 рази). Тому постачання обладнання повинно вибиратись з урахуванням продуктивності тварин.

Характеристика агропідприємств. Для постачальників важливо знати кількість потенційних споживачів.

Оснащення в цілому по країні, а також в окремих регіонах.

Результати аналізу свідчать, що в Україні в 2017р. було 45558 сільськогосподарських підприємств. Звичайно по розмірах, а відповідно і спроможності придбати сучасне обладнання вони різні.

З табл. 2 видно, що найбільше господарств з наявністю 20...100 га угідь і 1023 підприємств з площею 100...1000 га. Найбільше агропідприємств (табл. 3) мають південний і центральний і центральний регіони.

Таблиця 2. Сільськогосподарські підприємства України на 1 листопада 2017 р.

Table 2. Agricultural enterprises of Ukraine on November 1, 2017.

Мають сільгоспугідь, га	Кількість підприємств	Загальна площа угідь, тис. га
до 5,0	3138	10,1
5,0 - 20,0	6531	81,3
20,0 - 100,0	16166	779,2
100,0 - 1000,0	10023	4688,5
1000,0 - 5000,0	4312	9091,6
більше 5000,0	565	6309,5

Таблиця 3. Кількість господарств по регіонах.

Table 3. Number of farms by regions.

Регіон	Області	Кількість господарств
Західний	Чернівецька, закарпатська, Івано-Франківська, Хмельницька, Волинська, Рівненська, Тернопільська, Львівська	7694
Центральний	Полтавська, Дніпропетровська, Кіровоградська, Черкаська, Вінницька	14099
Північний	Київська, Чернігівська, Сумська, Житомирська	5212
Східний	Донецька, Луганська, Харківська	4339
Південний	Запорізька, Херсонська, Миколаївська, Одеська	13543

Висновки

1. В агропромисловому виробництві України проходять процеси, які суттєво впливають на стан речей в тваринницькій галузі, що потребує глибокого комплексного аналізу для розробки перспективних стратегій постачання технічного оснащення ферм.

2. Існує великий розрив між рівнями розвитку і оснащення різних секторів (підгалузей) тваринництва. З одного боку сучасне оснащення виробництва м'яса та яєць птиці, з іншого повний занепад виробництва м'яса ВРХ, баранини. Лише окремі індивідуальні (а не системні) проекти досягають європейського рівня.

3. Аналізуючи кон'юнктуру ринку обладнання, взаємовідносини, що виникають в галузі в визначений період часу і існуючі тенденції, інерційні процеси для довгострокового прогнозування слід відзначити, що виробництво продукції птахівництва практично повністю забезпечено сучасним обладнанням, але перехід Європи на нові вимоги якості і збільшення експорту потребують його оновлення. Розвиток виробництва свинини заторможений в зв'язку з розповсюдженням АЧС, тому потреба в обладнанні на деякий період суттєвого зростання не передбачається. Держпідтримка виробництва продукції ВРХ може дати в найближчі роки зростання потреби відповідного обладнання.

4. Розвиток тваринництва дасть приріст потреби в обладнанні для виробництва кормів перш за все кукурудзи на силос, багаторічних трав, концентрованих кормів.

5. На наступному етапі досліджень проводиться аналіз наявної техніки, об'ємів її списання, купівлі нової і виготовлення вітчизняних машин та обладнання для тваринництва.

Список літератури

1. Товарний безвіз для АПК. Як підняти з колін тваринництво? Agro Polit.com. Гаряча агрополітика 22 червня 2017 р.

2. *Марченко М. В.* Облаштування об'єктів агробізнесу: навчальний посібник. Харків: «Диса Плюс» 2018. 434 с.

3. *Ужик В.Ф.* Теория и расчет машин для животноводства: учебное пособие, 2-е изд., перераб. и доп. Майский: Белгородский ГАУ 2018. 285 с.

4. *Науменко О. А., Вітковський Ю. П.* Аналіз перспективних спрямувань відновлення технічного потенціалу галузі тваринництва. Технічний сервіс агропромислового, лісового і транспортного комплексів. Харків №12, 2018. С. 66-73.

5. Обзор рынка животноводства Украины inventure.com.ua. Инвестиционная аналитика 11.01.17.

6. *Данилишин Б. М.* Стратегічні пріоритети та сучасні завдання розвитку реального сектору економіки України. РВПС України НАН України. Черкаси. Брама-Україна 2007. 514 с.

7. Материально-техническое обеспечение агропромышленного комплекса. Москва. Известия 2002. 464 с.

8. *Науменко А. А.* Роботизированные системы в

животноводстве: учебное пособие. Харьков: «Міськдрук» 2015. 172 с.

9. Адаптация зарубежных технологий производства животноводческой продукции к условиям Украины. Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. 2017. Том 1, вип. 5, ТДАТУ. С. 177-181.

10. Інноваційні технології та технічні системи у молочному скотарстві. Харків: «Міськдрук» 2015. 324 с.

11. Матеріально-технічна база і виробництво продукції тваринництва у фермерських господарствах. Вісник ХНТУСГ імені Петра Василенка. Харків. 2017. Вип. 144. С. 97-101.

References

1. Commodity Betws for APK. How to lift with the knees animal? (2017). Agro Polit.com. Hot agrarian policy June 22.

2. *Marchenko M. V.* (2018). Improvement of agribusiness: a training manual. Kharkov: "Disa Plus". 434.

3. *Uzhik V. F.* (2018). Theory and analysis of machinery for animal husbandry: a training manual, 2nd ed., Rev. may: Belgorod GAU. 285.

4. *Naumenko A. A., Vitkovskiy Yu. P.* (2018). Analysis of perspective directions of reconstruction of the technical potential of the livestock industry. Technical services agricultural, forestry, and transport complexes. Kharkiv No. 12. 66-73.

5. Market overview Ukraine's animal husbandr. inventure.com.ua. Investment analyst 11.01.17.

6. *Danylyshyn B. M.* (2007). Strategic priorities and current tasks of development of the real sector of economy of Ukraine. CSPF of Ukraine of NAS of Ukraine. Cherkassy. Brama-Ukraine. 514.

7. Material-technical providing agro-industrial complex. (2002). Moscow. News 464.

8. *Naumenko A. A.* (2015). Robotic systems in animal husbandry: a training manual. Kharkov: "Msgproc". 172.

9. Adaptation of foreign technologies of livestock production to the conditions of Ukraine. (2017). Labor Taurian State Agrotechnological University. Volume 1, issue. 5, ТНАТО. 177-181.

10. Innovative technologies and technical systems in dairy cattle. Kharkov: "Msgproc" (2015). 324.

11. Material-technical base and the production of livestock products in farms. (2017). Bulletin INTOSH behalf Peter Vasilenko. Kharkov. Vol. 144. 97-101.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТРЕБНОСТИ В ОСНАЩЕНИЕ АПВ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ЖИВОТНОВОДСТВА

А. А. Науменко, Д. С. Тимчук, А. А. Науменко

Аннотация. В агропромышленном производстве Украины проходят процессы, которые существенно влияют на положение вещей в животноводческой отрасли требует глубокого комплексного анализа для разработки перспективных стратегий поставки технического оснащения ферм. Проведенный анализ динамики и тенденции изменений по сравнению с

1990 г. производства и затраты кормов на кормление животных, динамики производства мяса разных видов, поголовье животных и птицы, динамики производства основных видов животноводческой продукции, тенденции изменений продуктивности животных, изучены процессы влияющих на комплектование оснащение, прогнозирования потребности в количественном и модельном измерении.

Установлено, что сектор выращивания и реализации яиц и птицы практически достиг максимального развития и дальнейшее приобретение оборудования потребует для обслуживания, ремонта, а также для реконструкции в соответствии с новыми европейскими стандартами.

Развитие производства свинины практически заторможен распространением африканской чумы свиней. Рост потребности в оборудовании будет зависеть от успехов в борьбе с АЧС.

Наибольший потенциал будет иметь в ближайшее время рынок оснащение ферм крупного рогатого скота. Особенно когда будет снят мораторий на продажу земли и фермеры начнут развивать малые и средние животноводческие фермы.

Оборудование для производства кормов будет востребовано для кукурузы на силос, концентрированных кормов.

Ключевые слова: оборудование для животноводства, планирование, животноводческая продукция, динамика изменений, КРС, свиньи, птица.

Key words: livestock equipment, planning, livestock production, dynamics of changes, cattle, pigs, poultry.

А. О. Науменко ORCID 0000-0003-1015-2457.

Д. С. Тимчук ORCID 0000-0001-6258-189X.

О. А. Науменко ORCID 0000-0002-5244-707X.

RESEARCH REQUIREMENTS FOR APPLICATION FOR ANIMAL EQUIPMENT

A. O. Naumenko, D. S. Tymchuk, O. A. Naumenko

Abstract. Processes that significantly affect the state of affairs in the livestock industry are undergoing in the agro-industrial production of Ukraine, which requires a deep complex analysis for the development of promising strategies for the supply of technical equipment for farms. The analysis of dynamics and tendencies of changes in comparison with 1990 has been carried out. the production and consumption of feed for animal feeding, the dynamics of meat production of different species, the number of animals and birds, the dynamics of production of the main types of livestock products, the trends in the productivity of animals, the processes that affect the acquisition of equipment, the prediction of the need for quantitative and model measurement .

It has been established that the egg and poultry farming and marketing sector has virtually reached maximum development and further equipment purchase will be required for maintenance, repair, and reconstruction in accordance with new European standards.

The development of pork production is practically hampered by the spread of African swine fever. The growth of equipment needs will depend on the success in the fight against AFS.

The market for the equipment of cattle farms will have the greatest potential in the near future. Especially when a moratorium on land sales will be lifted and farmers will begin to develop small and medium-sized livestock farms.

Equipment for the production of feed will be in demand for corn on silage, concentrated feed.

УДК 631.171.075.4

МОДЕЛЬ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНОГО МЕХАНІЗМУ ЗАСТОСУВАННЯ РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ В МОЛОЧНОМУ СКОТАРСТВІ

Н. І. Болтянська

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, Україна.

Кореспонденція автора: nataliia.boltianska@tsatu.edu.ua.

Історія статті: отримано – січень 2019, акцентовано – травень 2019.

Бібл. 8, рис. 1, табл. 4.

Анотація. Для забезпечення раціонального використання наявних ресурсів і впровадження інноваційних ресурсозберігаючих технологій в господарствах галузі молочного тваринництва розроблено організаційно-економічний механізм, що забезпечує створення необхідних умов для їх застосування. Розроблено узагальнену характеристику підприємств по чинниках потенційної можливості застосування ресурсозберігаючих технологій. Забезпечення досягнення певного порогу ефективності і її подальше підвищення за допомогою правильної реалізації організаційно-економічного механізму використання інноваційних технологій в тваринництві вимагає комплексного розвитку системи умов і чинників сільськогосподарського виробництва, які за своєю природою дуже різноманітні і численні, взаємозв'язані і взаємообумовлені, змінюються в часі, впливають на явища і процеси і самі піддаються дії в результаті соціально-економічного розвитку і науково-технічного прогресу. Було визначено умови застосування сучасних технологій в тваринництві на рівні сільськогосподарського підприємства, вивчення яких дозволяє правильно оцінити результати роботи, виявити і використувувати резерви зростання, економічного потенціалу підприємства, підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва.

Ключові слова: сільськогосподарське виробництво, молочне тваринництво, підвищення ефективності, ресурсозберігаючі технології, умови застосування.

Постановка проблеми

Україна має значний природний потенціал, завдяки чому здатна не лише забезпечити власні потреби в основних продуктах харчування рослинного і тваринного походження, але і стати експортером високоякісної, конкурентоспроможної, біологічно чистої продукції. Проте, упродовж останніх років в Україні відбувся катастрофічний занепад тваринництва [1, 2].

Одним з пріоритетних напрямів цільової державної програми з розвитку молочного скотарства виступає модернізація і технічне переозброєння виробництва, впровадження інтенсивних технологій утримання і доїння корів. Аграрний сектор – один з найбільших

споживачів енергії в Україні. Тому, з точки зору стратегії раціонального використання енергетичних ресурсів і підвищення енергоефективності аграрного сектора України, зокрема тваринництва, необхідно здійснити економічне обґрунтування стратегії енергозбереження, вивести на український аграрний ринок сучасні інноваційні системи будівництва, технологій і матеріалів; визначити напрями можливого використання нетрадиційних поновлюваних джерел енергії в тваринницькій галузі [1-3].

Головною причиною високої енергоємності процесів є низький технологічний і технічний рівень тваринницької галузі, використання малоефективних енерговитратних технологій. Масштаби використання досягнень науково-технічного прогресу в Україні значно відстають від використання аналогічних технологій в розвинених країнах світу. Тому стоїть завдання пошуку нових технологічних підходів, які дозволяють понизити витрату електроенергії, палива і інших матеріальних ресурсів на виробництво тваринницької продукції [4-6].

Розглядаючи витрати енергії тільки у тваринницькій галузі сільськогосподарського виробництва, можна відмітити основну закономірність: на одиницю продукції витрати збільшуються. Враховуючи, що процеси виробництва продукції тваринництва переважно здійснюються в стаціонарних умовах, створюються сприятливі можливості для використання електроенергії. При цьому в структурі енергетичних ресурсів, які використовуються в тваринництві, значно зростає роль нетрадиційних (альтернативних) джерел поновлюваної енергії – водної, вітрової, сонячної, енергії біогазу [6, 7].

Аналіз останніх досліджень

Світовий і вітчизняний досвід розвитку молочного скотарства показує, що в основі застосування ресурсозберігаючих технологій лежить науковий і системний підходи, які припускають облік чинників і умов, що впливають на процес виробництва, їх взаємозв'язків. Відмітимо, що разом з усіма інноваційний технологічний процес є найважливішим складовим елементом, навколо якого будуються усі організаційно-еконо-

мічні взаємини на підприємстві [1-4]. У роботах Жовтянського В., Куліка М., Стогнія Б. розглянуті загальні принципи енергозбереження і механізми реалізації політики енергозбереження. Грачева Л. і Маляренко В. займалися питаннями підвищення ефективності використання нетрадиційних джерел енергії в тваринницькому комплексі країни. Корчемний В., Федорей В. і Щербань М. приділяли увагу питанням енергозбереження в агропромисловому комплексі. Маляренко В. і Гальчак В. розглядали альтернативні джерела енергії і основи теплофізики будівель. Проте, на даний момент, залишається ще багато питань, що вимагають рішення [12, 14].

Мета досліджень

Метою даної роботи є розробка організаційно-економічного механізму, що забезпечує створення необхідних умов для забезпечення раціонального використання наявних ресурсів і впровадження інноваційних ресурсозберігаючих технологій в господарствах галузі молочного тваринництва. Розробити узагальнену характеристику підприємств по чинниках потенційної можливості застосування ресурсозберігаючих технологій. Визначити умови застосування сучасних технологій в тваринництві на рівні сільськогосподарського підприємства, вивчення яких дозволяє правильно оцінити результати роботи, виявити і використовувати резерви зростання, економічного потенціалу підприємства, підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва.

Результати досліджень

Нині реформування підгалузі молочного скотарства припускає перехід від традиційних способів утримання худоби до сучасних ресурсозберігаючих, в основному безприв'язним способам. Враховуючи відмінності техніко-технологічного рівня підприємств молочного скотарства, застосування інновацій в галузі можна розділити на два типи:

- інтенсивні ресурсозберігаючі технології;
- спрощені ресурсозберігаючі технології.

Перші в основному призначені для підприємств високого рівня і ґрунтуються на безприв'язно-боксовому способі утримання корів із застосуванням високотехнологічного автоматизованого устаткування з програмним управлінням. Тваринницькі споруди для цієї технології будуються або за новим проектом, або на основі реконструкції і модернізації наявних молочних ферм. Другі ж найбільш пристосовані для підприємств середнього рівня і ґрунтуються на безприв'язному утриманні корів із застосуванням середньо- і низько-технологічного устаткування без автоматизації і комп'ютеризації. Як правило, в цьому випадку усі трудомісткі процеси на фермі механізовані. Худоба міститься в модернізованих під цю технологію спорудах.

Потенційна можливість застосування нових технологій в господарстві залежить від безлічі чинників: розміру підприємства, прибутковості, спеціалізації, віддаленості від великих міст, періоду функціонування

та ін. Наприклад, великі господарства, що входять в різні інтегровані формування, мають позитивний потенціал до застосування ресурсозберігаючих технологій інтенсивного типу, оскільки мають в порівнянні з дрібними підприємствами значний об'єм вільних фінансових ресурсів або їм легше притягнути інвестиції на основі економічно обґрунтованих бізнес-проектів. Господарства, розташовані поряд з великим містом, мають можливість легко і на вигідних умовах реалізувати свою продукцію за рахунок зниження транспортних витрат і оперативного управління. Господарства, створені або реорганізовані в сучасних умовах, особливо у рамках реалізації різних державних програм, також мають потенціал до інтенсивного типу ресурсозберігаючих технологій за рахунок фінансового забезпечення і підтримки інноваційних проектів з боку держави [10-18].

В той же час слід зазначити, що невеликі підприємства не прагнуть до реалізації інтенсивних технологій, оскільки можуть мати труднощі із збутом готової продукції, технічним забезпеченням вживаної технології, а також ряд інших проблем. Для них найбільш прийнятним сьогодні являється спрощений тип ресурсозберігаючих технологій. Крім того, господарства, де основна спеціалізація не відноситься до молочного напрямку, або що мають недостатній технічний потенціал цієї галузі, можуть взагалі не приділяти уваги агроінноваціям, а застосовувати традиційний тип прив'язного утримання з доїнням в молокопровід. Висока прибутковість від реалізації продукції інших галузей здебільшого перебиває усі витрати навіть при збитковому молочному скотарстві.

Отже, потенціал і, як наслідок, тенденції до застосування тих або інших інновацій залежать від безлічі взаємопов'язаних між собою чинників і умов. Негативні прояви деяких чинників компенсуються певними позитивними моментами або вимагають застосування організаційно-економічних важелів, що має на увазі побудову механізму ефективного застосування того або іншого типу ресурсозберігаючих технологій на основі чіткого уявлення про можливості конкретного сільськогосподарського підприємства.

В таблиці 1 наведено узагальнену характеристику підприємств по чинниках потенційної можливості застосування ресурсозберігаючих технологій [1, 5].

Світовий і вітчизняний досвід розвитку молочного скотарства показує, що в основі застосування ресурсозберігаючих технологій лежить науковий і системний підходи, які припускають облік чинників і умов, що впливають на процес виробництва, їх взаємозв'язків. Відмітимо, що разом з усіма інноваційний технологічний процес є найважливішим складовим елементом, навколо якого будуються усі організаційно-економічні взаємини на підприємстві.

Для забезпечення раціонального використання наявних ресурсів і впровадження інноваційних ресурсозберігаючих технологій в господарствах галузі молочного тваринництва необхідно розробити організаційно-економічний механізм, що забезпечує створення необхідних умов для їх застосування. У наукових джерелах, присвячених розробці організаційно-економічного механізму, є різні визначення, які зрештою зво-

дяться до головного, - це система стосунків, що виникає в процесі виробничої діяльності і, що представляє сукупність організаційних і економічних методів, регульованих правовими нормами, забезпечує створення

необхідних умов реалізації інноваційних технологій в тваринництві [2, 8]. Умови застосування сучасних технологій в тваринництві на рівні сільськогосподарського підприємства приведені на рис. 1-3.

Таблиця 1. Узагальнена характеристика підприємств по чинниках потенційної можливості застосування ресурсозберігаючих технологій.

Table 1. Generalized description of the companies in the factors of potential for the application of resource-saving technologies.

Позитивний прояв	Негативний прояв
Приміське господарство	
Низька собівартість доставки до споживача, оперативність реалізації, можливість рішення соціальних проблем працівників	Конкуренція з міськими ринками праці, дефіцит кадрів, низька мотивація праці, дороге житло
Віддалене господарство	
Відсутність конкуруючих ринків праці, можливості в підборі персоналу	Складнощі з реалізацією, висока собівартість доставки до споживача
Велике господарство	
Придбання техніки і устаткування за рахунок власних фінансів, можливості модернізації і будівництва ферм, висока окупність вкладених коштів та інвестиційна привабливість	Складність організаційно-економічної системи виробництва і управління
Дрібне господарство	
Проста організаційно-економічна система внутрішньогосподарських стосунків	Проблеми придбання сучасної техніки і устаткування
Нове виробництво, створене інвестором або по держпрограмі	
Обґрунтовані бізнес-плани з 100% фінансуванням, тільки сучасне устаткування	Необхідність адаптації внутрішньогосподарського організаційно-економічного механізму до параметрів нової технології і техніки, невідпрацьованість нормативної бази
Господарства, що мають інші високодохідні напрями	
Можливість окупати збитки при дестабілізації зовнішніх чинників	Низький інтерес до молочного скотарства

Застосування нових технологій на основі відповідного організаційно-економічного забезпечення усіх технологічних процесів припускає отримання певного ефекту, який може бути виражений не лише в підвищенні матеріального стану підприємства, але і в поліпшенні соціальних умов, організації праці, екологічної ситуації і т. д.

Досягнення певного порогу ефективності і її подальше підвищення за допомогою правильної реалізації організаційно-економічного механізму використання інноваційних технологій в тваринництві - складний, багатогранний процес. Його забезпечення вимагає комплексного розвитку системи умов і чинників сільськогосподарського виробництва, які за своєю природою дуже різноманітні і численні, взаємозв'язані і взаємообумовлені, міняються в часі, впливають на явища і процеси і самі піддаються дії в результаті соціально-економічного розвитку і науково-технічного прогресу.

В залежності від передбачуваних результатів господарської діяльності вони можуть носити як позитивний, так і негативний характер. Їх вивчення дозволяє правильно оцінити результати роботи, виявити і використовувати резерви зростання, економічного потенціалу підприємства, підвищення ефективності сільсько-

господарського виробництва. Умови і чинники, що позитивно впливають на результати господарської діяльності, дозволяють повніше виявити резерви збільшення економічного потенціалу, поліпшення його використання, стабільного економічного розвитку. Аналіз чинників, що негативно вплинули, попереджає їх виникнення, сприяє усуненню недоліків в роботі [4, 7].

За характером дії на виробничий процес умови і чинники поділяються на об'єктивні і суб'єктивні. До перших відносяться зміни ринкових цін на сировину, матеріали, паливо, продукцію, тарифів і ставок за послуги і тому подібне. До суб'єктивних можна віднести ефективність використання матеріальних і трудових ресурсів, матеріально-технічної бази, рівень економічної роботи на підприємстві та ін. Крім того, деякі чинники можна розділити на внутрішні, діючі у рамках структури підприємства, і зовнішні, багато в чому визначувані державною політикою і стратегічними напрямками розвитку країни.

Залежно від того або іншого набору негативних і позитивних чинників в господарствах, про що говорилося вище, з метою досягнення найвищої ефективності галузі молочного тваринництва представляються на-

ступні напрями вдосконалення організаційно-економічного механізму застосування сучасних технологій [10, 13].

- Науковий супровід ресурсозберігаючих технологій, що впроваджуються.
- Вдосконалення нормативної бази і розцінок, адаптація їх до нових параметрів технологій.
- Збільшення збуту за рахунок пошуку нових ринків або власної переробки молочної сировини.

- Зниження терміну окупності нової техніки і сучасного високопродуктивного устаткування шляхом підвищення ефективності виробництва молока.

- Рішення соціальних і кадрових проблем в усьому їх різноманітті.

- Вибір варіантів впровадження нових технологій на основі реконструкції і модернізації існуючих тваринницьких приміщень.



Рис. 1. Умови застосування сучасних технологій в тваринництві на рівні сільськогосподарського підприємства.

Fig. 1. Conditions of application of modern technologies in animal husbandry at the level of agricultural enterprise.



Рис. 2. Умови застосування сучасних технологій в тваринництві на рівні сільськогосподарського підприємства.

Fig. 2. Conditions of application of modern technologies in animal husbandry at the level of agricultural enterprise.

Кожна умова може складатися з ряду елементів, які, у свою чергу, можуть виступати як самостійні чинники більшою або меншою мірою дії на результати господарської, інвестиційної і фінансової діяльності. Взаємодія біолого-зоотехнічних, техніко-технологічних, організаційних і економічних, соціально-психологічних умов нами розглядається як неодмінна умова розвитку виробництва.

Сьогодні створюються в рамках різних державних програм розвитку АПК тваринницькі комплекси і ферми, в тому числі і з безприв'язним утриманням, оснащені комп'ютеризованим технологічним обладнанням, що наповнюються тваринами з високим генетичним

потенціалом, часто не дають очікуваних результатів. Виникає правомірне питання - чому? Як показує практика, найчастіше відповідь криється у відсутності у широкого кола працівників молочного скотарства твердих знань по організації впровадження сучасних технологій виробництва молока. В результаті складається суб'єктивна думка, що пропоновані варіанти реалізації ресурсозберігаючих технологій не такі вже й ефективні. Однак, при найближчому розгляді, інноваційні способи і методи утримання худоби не призводять до підвищення продуктивності дійного стада, якщо, наприклад, при годуванні не враховується фізіологічний стан тварин, а якість молока не підвищується, якщо не

дотримуються елементарних правил і гігієна доїння; приготування кормів і кормосумішей нічого не дає, якщо не виконується розпорядок дня на комплексі або фермі і т. д. Крім того, слабка організація взаємодії всіх

складових технологічного процесу призводить до руйнування ідеї швидкого прориву в підвищенні продуктивності і зростання економічної ефективності.



Рис. 3. Умови застосування сучасних технологій в тваринництві на рівні сільськогосподарського підприємства.

Fig. 3. Conditions of application of modern technologies in animal husbandry at the level of agricultural enterprise.

Запропонована модель організаційно-економічного механізму застосування ресурсозберігаючих технологій і ефективного його функціонування, що дозволяє виявити і уточнити ряд факторів, що діють в процесі застосування цих технологій (рис. 4).

Отже, в молочному скотарстві очікуваний позитивний результат можливий тільки при комплексному впровадженні всіх елементів технології, кормовиробництва і годівлі, а також оптимальної організації трудового процесу. Аналіз передових господарств, що активно впроваджують і використовують сучасні ресурсозберігаючі технології, свідчить про те, що постійний контроль за функціонуванням всіх її елементів дозволяє уникати збоїв у виробництві молока і зниження його якості.

Так, застосування інноваційного обладнання фірми «Lely» для утримання худоби та доїння дає можливість здійснювати індивідуальний контроль за всім поголів'ям, включаючи аналіз і коригування норм годівлі, умов утримання і призводить до зниження захворюваності корів. Поряд з цим раціональна організація процесів заготівлі, зберігання і при-виготування кормів дозволяє знизити питомі матеріальні витрати на виконання відповідних технологічних процесів, значно

зменшити втрати грубих і соковитих кормів при одночасному поліпшенні їх якості.

В кінцевому підсумку застосовувані техніко-технологічні рішення забезпечують зростання продуктивності дійного стада й підвищення сортності молока. Так, впровадження передових технологій дозволяє отримувати і реалізовувати 95% молочної сировини класом «екстра», що відбивається на валовій виручці і ефективності роботи комплексу.

Висновки

1. Потенціал і, як наслідок, тенденції до застосування тих або інших інновацій залежать від безлічі взаємопов'язаних між собою чинників і умов. Негативні прояви деяких чинників компенсуються певними позитивними моментами або вимагають застосування організаційно-економічних важелів, що має на увазі побудову механізму ефективного застосування того або іншого типу ресурсозберігаючих технологій на основі чіткого уявлення про можливість конкретного сільськогосподарського підприємства.

2. Забезпечення підвищення ефективності застосування ресурсозберігаючих технологій в молочному

скотарстві за допомогою правильної реалізації організаційно-економічного механізму використання інноваційних технологій в тваринництві потребує комплексного розвитку системи умов і чинників сільськогосподарського виробництва, які за своєю природою дуже різноманітні і численні, взаємозв'язані і взаємообумовлені, змінюються в часі, впливають на явища і процеси

і самі піддаються впливу в результаті соціально-економічного розвитку і науково-технічного прогресу. Визначено умови застосування сучасних технологій в тваринництві на рівні сільськогосподарського підприємства.

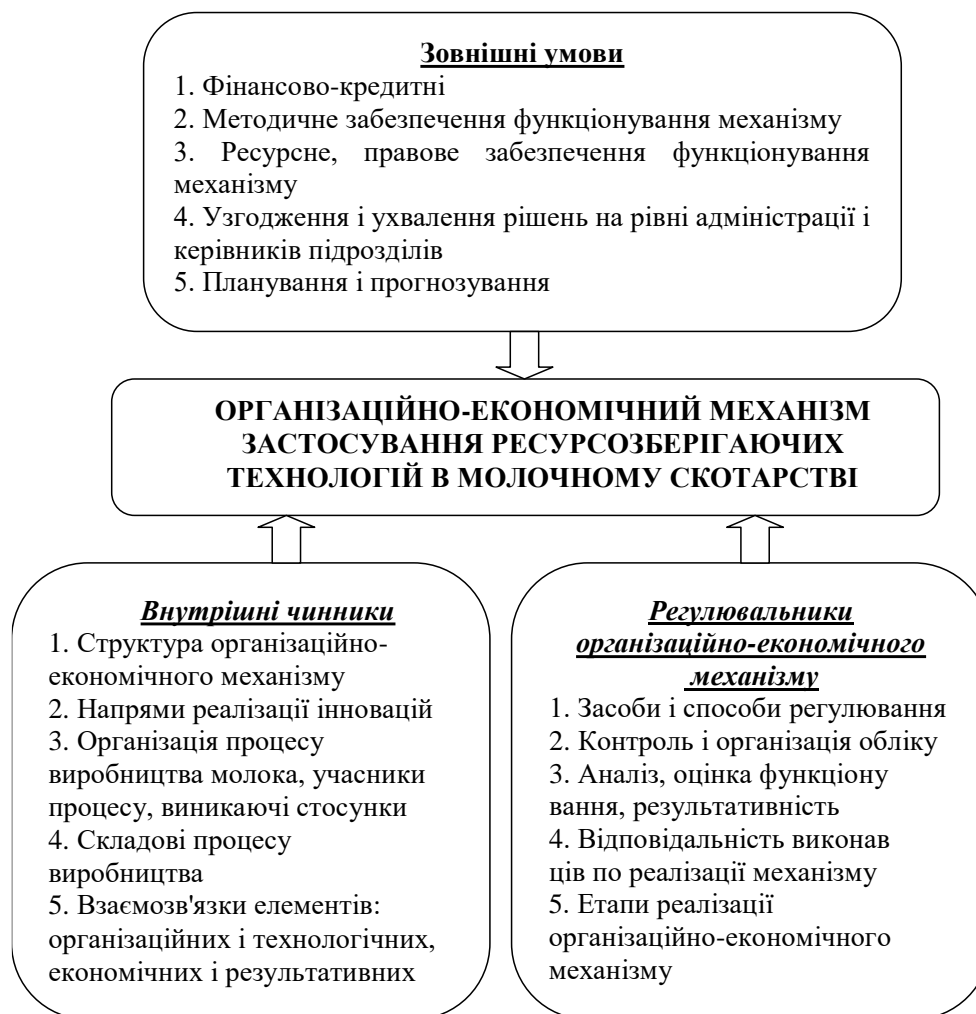


Рис. 4. Модель організаційно-економічного механізму застосування ресурсозберігаючих технологій і ефективного його функціонування.

Fig. 4. Model of organizational and economic mechanism of application of resource-saving technologies and its effective functioning.

Список літератури

1. Болтянська Н. І. Сучасний стан машинно-тракторного парку підприємств агропромислового комплексу. Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. 2008. Вип. 36. С. 3–7.

2. Скляр О. Г., Болтянська Н. І. Механізація технологічних процесів у тваринництві: навч. посібник. Мелітополь: Колор Принт, 2012. 720 с.

3. Можаяев Е.Е. Роль науки в инновационных процессах АПК и производственная подготовка кадров. Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2005. №6. С.2–4.

4. Болтянский О. В., Болтянская Н. И. Щодо оцінки потенційної можливості застосування ресурсозберігаючих технологій на підприємствах молочного скотарства Науковий вісник ТДАТУ. 2016. Вип. 6. Т. 1. С. 50-55.

5. Болтянская Н. И. Анализ основных направлений ресурсосбережения в животноводстве. Motrol: Motoryzacja i Energetyka Rolnictwa. 2016. Vol. 18. No 13, b. P. 49-54.

6. Скляр О. Г., Болтянська Н. І. Основи проектування тваринницьких підприємств: підручник. Видавничий дім «Кондор», 2018. 380 с.

7. Грачева Л. И. Повышение эффективности использования нетрадиционных источников энергии в животноводческом комплексе страны. Луганск: Элтон, 2008. 652с.

8. Болтянська Н. І. Забезпечення високоефективного функціонування технологічного процесу виробництва продукції тваринництва шляхом підвищення рівня надійності техніки. Науковий вісник НУБіП України. Серія «Техніка та енергетика АПК». 2018. Вип. 282, ч. 1. С. 181-192.

9. Стратегия энергосбережения Украины: Аналитико-справочные материалы в 2-х томах: Общие основы энергосбережения. Киев. Академперіодика, 2006. Т. 1. 510 с.

10. Болтянська Н. І. Система чинників ефективного застосування ресурсозберігаючих технологій в молочному скотарстві на підприємстві. Науковий вісник ТДАТУ. 2016. Вип.6. Т.1. С. 55-64.

11. Нечаев В. Разработка направленной инновационного развития животноводства. Экономика сельского хозяйства России. 2009. № 12. С. 38-48.

12. Болтянський О. В., Болтянська Н. І. Аналіз шляхів підвищення ефективності використання машинотракторного парку. Праці ТДАТУ. 2014. Вип. 14. Т.4. С. 204-209.

13. Болтянська Н. І. Показники оцінки ефективності застосування ресурсозберігаючих технологій в тваринництві. Вісник Сумського НАУ СЕРІЯ «Механізація та автоматизація виробничих процесів». 2016. Вип. 10/3 (31). С. 118-121.

14. Кожамуратов, Н. Ж. Эффективность производства продукции и снижение трудовых затрат в животноводстве. Аграрная наука. 2009. № 11. С. 20-22.

15. Болтянський О. В., Болтянська Н. І. Екологічна безпека виробництва та зменшення витрат матеріальних і енергетичних ресурсів для отримання сільськогосподарської продукції. Науковий вісник НУБіП. Серія „Техніка та енергетика АПК“. 2015. Вип.212, ч.1. С. 275-283.

16. Карташов Л. П. Методы расчета биологических и технических параметров системы “человек–машина–животное”: учебное пособие. Оренбург: Изд-во Центр ОГАУ, 2007. 152 с.

17. Болтянський О. В., Болтянська Н. І. Зменшення витрат енергетичних ресурсів для отримання сільськогосподарської продукції. Збірник тез доповідей II Міжнародної науково-технічної конференції «Крамаровські читання» НУБіП. 2015. С. 54-55.

18. Болтянська Н. І. Умови забезпечення ефективного застосування ресурсозберігаючих технологій в молочному скотарстві. Праці ТДАТУ. 2016. Вип. 16. Т.2. С. 153-159.

19. Karol C. Instalacja zgazowujaca osuszony osad sciekowy. Motrol: Motoryzacja i Energetyka Rolnictwa, 2011.Vol. 13, A. P.80-93.

Mechanization and electrification of agriculture. No 6. 2-4.

4. Boltyanskiy O. V., Boltyanska N. I. (2016). Concerning the assessment of potential use of resource-saving technologies in dairy cattle-breeding enterprises TDATU Scientific Bulletin. Issue 6. T. 1. 50-55.

5. Boltyanskaya N. I. (2016). Analysis of the main areas of resource conservation in animal husbandry. Motrol: Motoryzacja i Energetyka Rolnictwa. Vol. 18. No 13, 49-54.

6. Sklar O. G., Boltyanska N. I. (2018). Fundamentals of Livestock Enterprise Design: A Textbook. Condor Publishing House, 380.

7. Gracheva L. I. (2008). Improving the efficiency of using non-traditional energy sources in the country's livestock sector. Lugansk: Elton, 652.

8. Boltyanska N. I. (2018). Ensuring the highly efficient operation of the livestock production process by enhancing the reliability of the machinery. Scientific Bulletin of NULES of Ukraine. APK Engineering and Energy series. Issue 282, Part 1. 181-192.

9. Energy saving strategy of Ukraine: (2006). Analytical and reference materials in 2 volumes: General principles of energy saving. K: Academic Period, T. 1. 510.

10. Boltyanska N. I. (2016). A system of factors for the effective use of resource-saving technologies in dairy cattle breeding at the enterprise. TDATU Scientific Bulletin. Issue 6. T. 1. 55-64.

11. Nechaev, V. (2009). Development of directions for the innovative development of animal husbandry. Agricultural Economics of Russia. Number 12. 38-48.

12. Boltyanskiy O. V., Boltyanska N. I. (2014). Analysis of ways to increase the efficiency of the use of a machine tractor park. Against TDAT. No 14. Vol. 4. 204-209.

13. Boltyanska N. I. (2016). Indicators for assessing the effectiveness of resource-saving technologies in livestock. Bulletin of Sumy NAU SERIES "Mechanization and automation of production processes". No 10/3 (31). 118-121.

14. Kozhamuratov, N. Zh. (2009). Efficiency of production and reduction of labor costs in animal husbandry. Agricultural science. No 11. 20-22.

15. Boltyansky O. V., Boltyanskaya N. I. (2015). Environmental safety of production and reduction of material and energy resources consumption for agricultural production. NULES Scientific Bulletin. APK Engineering and Energy series. Ex.212, Part 1. 275-283.

16. Kartashov L. P. (2007). Methods for calculating the biological and technical parameters of a human – machine – animal system: a training manual. Orenburg: Publishing house Center OGAU, 152.

17. Boltyanskiy O. V., Boltyanska N. I. (2015). Reducing the cost of energy resources for agricultural production. Collection of abstracts of the II International Scientific and Technical Conference "Kramar Readings" of NULES. 54-55.

18. Boltyanska N. I. (2016). Conditions for the effective use of resource-saving technologies in dairy cattle. Against TDAT. No. 16. T.2. 153-159.

References

1. Boltyanska N. I. (2008). The current state of the machine-tractor fleet of enterprises in the agro-industrial complex. Proceedings of the Tavrida State Agrotechnological University. No 36. 3–7.

2. Sklar O. G., Boltyanska N. I. (2012). Mechanization of technological processes in animal husbandry: textbook. manual. Color Print. 720 s.

3. Mozhaev E. E. (2005). The role of science in the innovative processes of agriculture and industrial training.

19. *Karol C.* Instalacja zgazowujaca osuszony osad sciekowy. Motrol: Motoryzacja i Energetyka Rolnictwa, 2011. Vol. 13, A. 80-93.

МОДЕЛЬ ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО МЕХАНИЗМА ПРИМЕНЕНИЯ РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ В ЖИВОТНОВОДСТВЕ

Н. И. Болтянская

Аннотация. Дальнейшая интенсификация сельскохозяйственного производства должна происходить не за счет экстенсивных и интенсивных ресурсоемких методов производства, а путем эффективного использования и сохранения имеющихся производственных ресурсов. Поэтому, стратегическим направлением эффективного отечественного животноводства является ресурсосбережение, которое должно стать основой стратегии и тактики хозяйственной деятельности современного аграрного предприятия и политикой государства. Это позволит удовлетворить растущие потребности потребления и использования продукции животноводства, осуществить техническое и технологическое переоснащение отрасли, сохранить имеющийся природный потенциал Украины и возродить ее экономику. В сочетании с другими инновациями сельского хозяйства ресурсосберегающее животноводство является основой развития устойчивого высокоэффективного аграрного производства. Разработана обобщенная характеристика предприятий по факторам потенциальной возможности применения ресурсосберегающих технологий, определены условия применения современных технологий в животноводстве на уровне сельскохозяйственного предприятия, изучение которых позволяет правильно оценить результаты работы, выявить и использовать резервы роста, экономического потенциала предприятия, повышение эффективности сельскохозяйственного производства и предложена модель организационно-экономического механизма применения ресурсосберегающих технологий и эффективного его функционирования.

Ключевые слова: животноводство, ресурсосбережения, технология, организационно-экономический механизм, модель.

MODEL OF ORGANIZATIONAL-ECONOMIC APPLICATION MECHANISM RESOURCE SAVINGS IN ANIMAL BREEDING

N. I. Boltyanska

Abstract. Further intensification of agricultural production should not occur due to extensive and intensive resource-intensive methods of production, but through the efficient use and preservation of existing production resources. Therefore, the strategic direction of effective domestic livestock breeding is resource conservation, which should become the basis of the strategy and tactics of the economic activity of a modern agricultural enterprise and state policy. This will satisfy the growing needs of consumption and use of livestock products, implement technical and technological re-equipment of the industry, maintain the existing natural potential of Ukraine and revive its economy. In combination with other agricultural innovations, resource-saving livestock breeding is the basis for

the development of sustainable highly efficient agricultural production. A generalized characteristic of enterprises was developed according to the potential use of resource-saving technologies, the conditions for the application of modern technologies in animal husbandry at the level of an agricultural enterprise were determined, the study of which allows one to correctly evaluate the results of work, identify and use the reserves of growth, the economic potential of the enterprise, increase the efficiency of agricultural production and offer a model of organizational economic mechanism of resource use saving technologies and its effective functioning.

Key words: animal husbandry, resource conservation, technology, organizational and economic mechanism, model.

Н. І. Болтянська ORCID 0000-0002-7887-4715.

УДК 631.01:534.1

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ СПІВВІДНОШЕНЬ ПРИ АНАЛІЗІ АВТОКОЛИВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ

О. М. Черниш

Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна.

Кореспонденція автора: *mechanics@nubip.edu.ua*.

Історія статті: отримано – січень 2019, акцептовано – травень 2019.

Бібл. 11, рис. 3, табл. 0.

Анотація. Розглянуті умови зміни механічної енергії при визначенні характеристик автоколивального руху механічної системи. Проаналізовано енергетичні співвідношення у випадку автоколивань із м'яким і жорстким самозбуренням. Показані положення точок статичної і динамічної рівноваги автоколивальних систем на графічних залежностях зміни механічної енергії системи від амплітуди її коливального руху. Визначено характер стійкої і нестійкої статичної та динамічної рівноваги автоколивальних систем при необхідних початкових умовах. Показано, що режим стійких коливань з кінцевою амплітудою можливий тільки в автоколивальних системах з нелінійними властивостями. Запропоновано задачу прогнозування виникнення стійких автоколивальних рухів розв'язувати у лінійній постановці. Розглянуті стійкі автоколивання механічної системи із в'язкопружним елементом у середовищі із опором, які можна представити у вигляді вільних коливань нелінійної механічної системи.

Ключові слова: автоколивання, механічна енергія системи, статична і динамічна рівновага, стійкість коливань.

Постановка проблеми

Характер і особливості коливальних процесів у сільськогосподарському виробництві суттєво впливають на продуктивність, довговічність і надійність обладнання, а також якість переробки продукції [3-5, 11].

Автоколивання виникають в дисипативних динамічних системах з нелінійним зворотним зв'язком, в яких енергія від зовнішнього джерела перетворюється в енергію незатухаючих коливань із параметрами (амплітудою, частою, спектром коливань), що не залежать від початкових умов, а визначаються лише властивостями самої системи.

Тому дослідження і розрахунки параметрів автоколивальних процесів є невід'ємною частиною динамічних розрахунків.

Аналіз останніх досліджень

На сьогоднішній день механічним коливанням і їх практичному застосуванню присвячено багато наукових досліджень і публікацій [1-4, 6, 7, 9-11]. Але проблема вибору методик таких досліджень при розв'язанні наукових і практичних задач залишається актуальною.

Автоколивання суттєво відрізняються від змушених коливань тим, що останні викликані зовнішнім періодичним збуренням і відбуваються із частотою цього збурення, у той час коли параметри автоколивань визначається внутрішніми властивостями самої автоколивальної системи.

При роботі з автоколивальними системами як правило досліджують дві задачі. У випадку використання коливального руху у технологічному процесі, якщо коливання корисні, розв'язують першу задачу - підтримування коливань із заданими параметрами частоти, потужності і форми. У другому випадку, якщо коливання шкідливі, стоїть задача їх знешкодити. Але в обох випадках основними досліджуваними критеріями є фазові співвідношення та енергетичний баланс.

Мета досліджень

Метою досліджень є теоретичний аналіз зміни механічної енергії в автоколивальних процесах механічних систем, який допоможе не тільки усвідомити їх фізичну сутність, але і дасть можливість їх розрахунку і вибору оптимальних параметрів системи.

Результати досліджень

Для отримання енергетичних співвідношень в автоколивальному процесі спочатку розглянемо елементарне рівняння гармонійного коливального руху, коли узагальнена координата q і її похідна змінюються пропорційно синусу із аргументом, що лінійно залежить від часу:

$$q = A \cdot \sin(\omega t + \alpha), \quad (1)$$

де A – амплітуда; ω – колова або циклічна частота; α – початкова фаза коливань.

При цьому амплітуду A будемо вважати повільно мінливою функцією у припущенні, що за один період коливань $T = \frac{2\pi}{\omega}$ вона мало

змінюється у порівнянні з її середнім значенням. Таке припущення в межах періоду коливань дозволяє вважати амплітуду сталою величиною, що дорівнює її середньому значенню. Вважатимемо також, що зміна амплітуди коливань буде відбуватись лише при переході від одного періоду коливань до наступного.

Позначимо зміну механічної енергії ΔE гармонійних коливань за проміжок часу Δt , що дорівнює періоду T , як

$$\Delta E = E(t_2) - E(t_1), \quad (2)$$

де $\Delta t = t_2 - t_1 = T$.

Диференціальне рівняння коливального руху буде

$$m\ddot{q} + cq = Q(\dot{q}, t), \quad (3)$$

де m , c – відповідно інерційний і в'язкопружний коефіцієнти; Q – величина неконсервативної узагальненої сили.

Помножимо ліву і праву частину останнього рівняння на $\dot{q}dt$ [5] і отримаємо:

$$dE = Q\dot{q}dt, \quad (4)$$

Тоді зміна механічної енергії ΔE гармонійних коливань за період T буде дорівнювати:

$$\Delta E = \int_0^T Q\dot{q}dt, \quad (5)$$

де $Q\dot{q}dt = Qdq$.

Даний вираз показує, що величина зміни механічної енергії ΔE при гармонійному коливальному процесі за період T дорівнює роботі неконсервативних узагальнених сил.

Тобто, при додатній зміні механічної енергії ΔE гармонійного коливального процесу (при $\Delta E > 0$) амплітуда коливань буде зростати ($\Delta A > 0$), при від'ємній зміні механічної енергії ΔE (при $\Delta E < 0$) амплітуда коливань буде зменшуватись ($\Delta A < 0$), а при відсутності зміни (при $\Delta E = 0$) амплітуда залишиться постійною ($\Delta A = 0$).

При цьому вважатимемо, що за період коливань T величина зміни механічної енергії ΔE може мати дві складові

$$\Delta E = \Delta E_+ + \Delta E_-. \quad (6)$$

Індекс зі знаком мінус параметра ΔE означає, що енергія від коливальної системи відбирається, а зі знаком плюс – що енергія до системи надходить.

Так, наприклад, в ідеальному випадку вільних гармонійних коливань механічної системи без опору величина узагальненої сили відсутня ($Q = 0$) і зміна її енергії також відсутня: $\Delta E = 0$, а амплітуда коливань буде сталою величиною ($A = const$).

У випадку дії на вільні гармонійні коливання сили опору, що змінюється за лінійним законом із коефіцієнтом пропорційності b :

$$Q = -b\dot{q}, \quad (7)$$

величина зміни механічної енергії ΔE буде від'ємною величиною

$$\Delta E = -b \int_0^T \dot{q}^2 dt < 0, \quad (8)$$

або

$$\Delta E_- = 0,5\psi c A^2, \quad (9)$$

а коливання будуть згасальними ($\Delta A < 0$).

Як видно з (9), залежність енергії, що відбирається ΔE_- , від величини амплітуди A у цьому випадку буде квадратичною.

Проаналізуємо тепер з позицій зміни механічної енергії рух автоколивальної системи.

Припустимо, що коливання у такій системі вже відбуваються. Енергія цих коливань мала б зменшуватись внаслідок певних втрат на коливальний процес у самій системі. Але це зменшення постійно поповнюється за рахунок зовнішнього джерела, від якого певна частка енергії за кожний період (або взагалі періодично) подається механізмом зворотного зв'язку назад у коливальну систему.

Цілком зрозуміло, що стійкі коливання (тобто незатухаючі і не зростаючі за амплітудою) тут можливі тільки у тому випадку, коли кількість наданої від джерела енергії за період (або в одиницю часу) у точності відповідає втратам енергії за цей же час. Ця умова балансу енергії в автоколивальній системі і є умовою існування в ній незатухаючих коливань.

Також зрозуміло, що у випадку порушення балансу в розумінні, що поповнення втрат буде недостатнім, коливання будуть загасати. Якщо ж, навпаки, від джерела буде надходити надлишкова енергія, коливання будуть зростати.

Проаналізуємо тепер механізм самозбурення автоколивальної системи. Якщо на початку коливального руху в системі, тобто при найменших амплітудах, поповнення енергії перевищує її втрати, то система буде розгойдуватися, тобто амплітуда коливань буде зростати. Якби таке співвідношення між наданою і витраченою енергіями в системі збереглося і надалі, то амплітуда автоколивань зростала б необмежено.

Випадок, коли для саморозгойдування автоколивальної системи достатньо невеликого

початкового збурення, якого завжди можна досягти тими або іншими флуктуаціями, вважається м'яким самозбуренням. На відміну від цього випадок, коли для розгойдування системи потрібен певний початковий поштовх кінцевої величини, вважається жорстким самозбуренням.

Для отримання стійкого режиму автоколивань, необхідно, щоб, починаючи з деякого значення амплітуди, енергетичні втрати в системі зростали з подальшим збільшенням амплітуди швидше, ніж поповнення енергії, надане від джерела. При даній умові можливе досягнення вищезгаданого енергетичного балансу.

Це можна побачити на рис. 1 при м'якому самозбуренні автоколивальної системи.

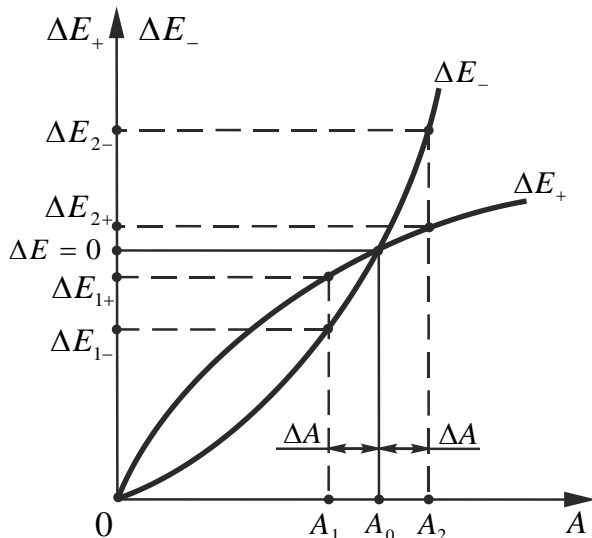


Рис. 1. Залежність ΔE_- і ΔE_+ від A при м'якому самозбуренні автоколивальної системи.

Fig. 1. Dependence ΔE_- and ΔE_+ from A to the soft self-excited oscillating system.

Тут енергія, що надається від джерела ΔE_+ , і енергія, що витрачається коливальною системою ΔE_- , показані в залежності від амплітуди A . Точка перетину кривих ΔE_+ і ΔE_- відповідає балансу енергій, а абсциса цієї точки відповідає значенню стійкої амплітуди A_0 автоколивань системи.

Графічні залежності на рис. 2 демонструють поняття стійкості коливального руху. Рух буде стійким, якщо система, коливальний режим якої порушений яким-небудь зовнішнім впливом, повертається до першопочаткового режиму після припинення цього впливу. Навпаки, рух буде нестійким, якщо будь-який малий зовнішній вплив вибиває систему з коливального режиму, від якого система надалі відходить усе далі.

За аналогію між стійкістю рівноваги і стійкістю руху, треба розрізняти стійкість статичну і стійкість динамічну.

Для аналізу стійкості в умовах, що показані на рис. 1, візьмемо два значення амплітуди: A_1 і A_2 , одна з яких менше, а друга більша значення A_0 .

Тоді для першого випадку, коли $A_1 < A_0$: $\Delta E_{1+} > \Delta E_{1-}$ і амплітуда автоколивань буде зростати, поки не досягне значення A_0 .

Для другого випадку, коли $A_2 > A_0$: $\Delta E_{2+} < \Delta E_{2-}$ і амплітуда автоколивань буде зменшуватись, поки знову не досягне значення A_0 .

Таким чином, точка перетину з абсцисою A_0 , де $\Delta E = 0$, є точкою стійкої динамічної рівноваги.

При цьому початок координат діаграми 0, де криві ΔE_+ і ΔE_- також перетинаються, являється точкою статичної рівноваги. Однак статична рівновага тут буде нестійкою, у чому можна переконатись, розглянувши співвідношення при як завгодно малих, але не рівних нулю амплітудах.

Отже самозбурення автоколивальної системи є умовою її нестійкості у стані спокою.

Треба відзначити, що криві ΔE_+ і ΔE_- можуть перетинатись у декількох точках. Це видно з графічних залежностей при жорсткому самозбуренні автоколивальної системи (рис. 2).

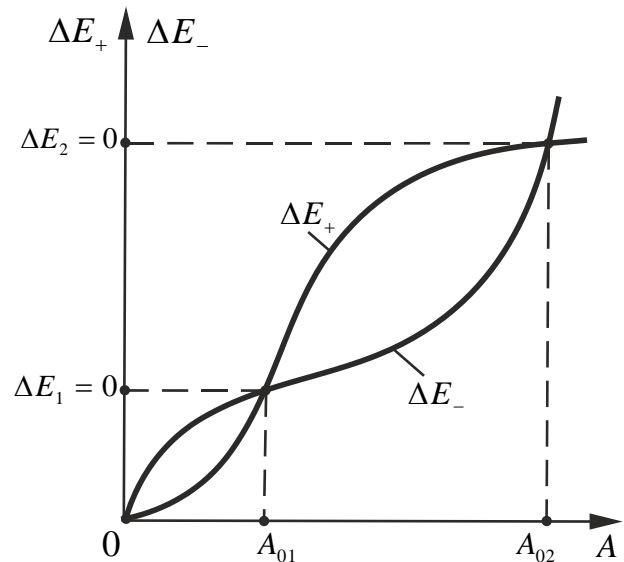


Рис. 2. Залежність ΔE_- і ΔE_+ від A при жорсткому самозбуренні автоколивальної системи.

Fig. 2. Dependence ΔE_- and ΔE_+ from A to the hard self-excited oscillating system.

Тут існує три точки перетину і відповідно – три стани рівноваги. Згідно із вищевикладеним легко

побачити, що два з них стійкі (абсциси 0 і A_{02}), а один – нестійкий (абсциса A_{01}).

Із того, що початок координат 0 є точкою стійкої рівноваги, можна зробити висновок, що система, яка надана самій собі, буде зберігати стан спокою і не буде самозбурюватись. Але це не говорить про те, що в такій системі неможливі стійкі автоколивання. Дійсно, у випадку, якщо у системі яким-небудь зовнішнім поштовхом, будуть збудені коливання з амплітудою, що перевищує A_{01} , то така система надалі вже самостійно досягне більшої амплітуди A_{02} .

Криві ΔE_+ і ΔE_- можуть перетинатись і у більшому числі точок. Усі точки стійкої рівноваги (за винятком початку координат) означають можливі стійкі режими автоколивальної системи, у яких вона може генерувати незатухаючі коливання.

На підставі цього можна зрозуміти, що у випадку коли б система була лінійною, то як втрати, так і приріст енергії зростали б за однаковим законом, пропорційно квадрату амплітуди. Тоді графічно ΔE_+ і ΔE_- були б представлені двома параболою, що проходили через початок координат, але більше ніде б не перетинались. При цьому одна з цих парабол лежала б вище іншої. Така система або не збурювалась би зовсім, або самозбурювалась м'яко із необмеженим зростанням амплітуди. Отже, режим стійких коливань з кінцевою амплітудою можливий тільки в нелінійній системі.

Таким чином, при дослідженні автоколивальних систем, треба розуміти, що у склад реальної автоколивальної системи, яка здатна генерувати коливання з усталеною амплітудою, обов'язково входить нелінійний елемент. Така нелінійність може бути властива як самій коливальній системі або її навантаженню, так і механізму зворотного зв'язку, або ланцюга зворотного зв'язку. Тобто, нелінійні властивості може мати кожна із складових частин механічної системи, що здійснює автоколивальний рух.

При цьому умови енергетичного балансу вказують на те, що стійкому режиму автоколивань передують область динамічної нестійкості, де $\Delta E_+ > \Delta E_-$, і з'явлення динамічної нестійкості, а відповідно, і можливість виникнення стійких автоколивальних режимів можна прогнозувати у лінійній постановці задачі.

Такі процеси характерні для механічних систем із в'язкопружними елементами при коливаннях із врахуванням сил опору середовища.

Розглянемо горизонтальні автоколивання в механічній системі із опором середовища, де елементу 1 масою m надається рух через в'язкопружний елемент 2 від рухомого із лінійною швидкістю v_0 елемента 3 (рис. 3).

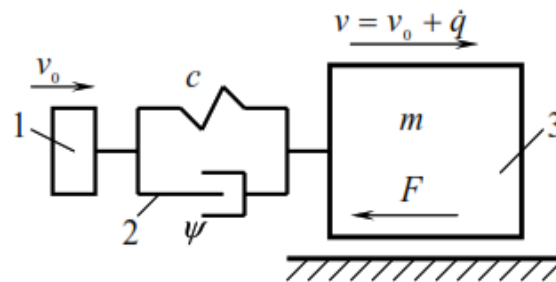


Рис. 3. Модель автоколивань в механічній системі із опором середовища.

Fig. 3. The model of oscillations in a mechanical system, the resistance of the medium

При цьому сила опору середовища, в якій рухається елемент 1, буде $F = F(v)$, а швидкість його руху

$$v = v_0 + \dot{q},$$

де q - деформація в'язкопружного елемента 2, яка визначає автоколивальний рух елемента 1.

Тоді для виразу (3) треба застосувати наступні параметри:

$$a = m; \quad Q = -b\dot{q} - F(v_0 + \dot{q}).$$

Розкладемо функцію сили опору середовища $F(v_0 + \dot{q})$ у ряд Тейлора в границі v_0 і отримаємо

$$F(v_0 + \dot{q}) \approx p_0 + p_1\dot{q} + p_2\dot{q}^2 + p_3\dot{q}^3, \quad (10)$$

де $p_0 = F(v_0)$;

$$p_s = \frac{1}{s!} \frac{\partial^s F}{\partial v^s}(v_0), \quad (s = 1, 2, 3).$$

Із врахуванням (5), отримаємо

$$\Delta E = \int_0^{2\pi/k} (p_0 + (b + p_1)\dot{q} + p_2\dot{q}^2 + p_3\dot{q}^3) \dot{q} dt, \quad (11)$$

або

$$\Delta E = -(b + p_1)\pi A^2 k - 0,75 p_3 \pi A^4 k^3, \quad (12)$$

де $q = A \cdot \sin(\omega t + \alpha)$; $k \approx \sqrt{\frac{c}{m}}$.

Якщо при розкладенні функції сили опору середовища у ряд Тейлора обмежитись тільки двома складовими із лінійним наближенням, то у виразі (12) збережеться тільки перша складова, яка буде пропорційна квадрату амплітуди коливань.

При цьому для утворення автоколивального руху потрібно виникнення стану динамічної нестійкості, коли $\Delta E > 0$, тобто, у даному випадку

$$b + p_1 > 0.$$

Зрозуміло, що $b > 0$, тому

$$p_1 < -b < 0.$$

Так як лінійне наближення не дозволяє визначити амплітуду автоколивань A_a , то будемо вважати, що існує і третя складова виразу (11):

$$p_3 > 0.$$

Скориставшись умовою, що $\Delta E = 0$, отримаємо

$$A_a = 2 \sqrt{\frac{-(b + p_1) \pi A^2 k}{3 p_3 k^2}}. \quad (12)$$

При цьому коефіцієнт пропорційності b буде

$$b = \frac{\psi c}{2\pi k},$$

де ψ - коефіцієнт розсіювання енергії.

Тоді при $A_1 < A_a$ буде $\Delta E > 0$, а при $A_1 > A_a$ - $\Delta E < 0$, що говорить про стійкість даного режиму автоколивань.

Отже, у даному випадку стійкий квазігармонійний автоколивальний рух можна представити, як вільні коливання нелінійної механічної системи, в якій від'ємна робота сил опору середовища компенсується за рахунок зовнішнього впливу.

Згідно із виразом (12) також можна отримати дійсне значення амплітуди A_a автоколивального руху і при умові $b + p_1 > 0$, $p_3 > 0$, але цей рух буде нестійким.

Висновки

1. Таким чином, при м'якому самозбуренні автоколивального руху при $A \rightarrow 0$ енергія, що підводиться до системи, більша, ніж та що відводиться ($\Delta E_+ > \Delta E_-$). Відповідно $\Delta E > 0$ і починається розгойдування системи. При $A = A_0$ буде $\Delta E = 0$, що відповідає стійким коливанням із сталою амплітудою A_0 . Цей режим є стійким. Нестійкому стану системи у цьому випадку відповідає положення статичної рівноваги при $A = 0$.

2. При жорсткому збуренні положення статичної рівноваги системи при $A = 0$ стійке, стаціонарний режим із амплітудою A_{01} - нестійкий, а із амплітудою A_{02} - стійкий. Для збурення автоколивань тут потрібні деякі ненульові початкові умови, при яких $A > A_{01}$.

3. Перед стійким режимом автоколивань існує динамічна нестійкість, а тому задачу отримання динамічної нестійкості і виникнення стійких автоколивальних режимів можна прогнозувати у лінійній постановці.

4. Наведено випадок стійкого автоколивального руху механічної системи із в'язкопружним елементом у середовищі із опором, який можна представити у вигляді вільних коливань нелінійної механічної системи. Розглянутий аналіз зміни механічної енергії таких коливальних процесів дає можливість визначити їх оптимальні режими.

Список літератури

1. *Анісімов І. О.* Коливання та хвилі. Київ. Академічна преса. 2003. 280 с.
2. *Бидерман В. Л.* Теория механических колебаний. Москва. Высшая школа. 1980. 480 с.
3. *Булгаков В. М., Головач І. В.* Теорія вібраційного викопування коренеплодів. Механізація сільськогосподарського виробництва. Київ. НАУ. 2003. Т. XIV. С. 34-86.
4. *Вулфсон І. І.* Колебания машин с механизмами циклового действия. Ленинград. Машиностроение. 1990. 306 с.
5. *Коловский М. З.* Динамика машин. Ленинград. Машиностроение. 1989. 263 с.
6. *Кузнецов А. П., Кузнецов С. П., Рыскин Н. М.* Нелинейные колебания. Москва. Изд. физ.-мат. лит. 2002. 292 с.
7. *Мангус К.* Колебания. Введение в исследование колебательных систем. Москва. Мир. 1982. 304 с.
8. *Павловський М. А.* Теоретична механіка: підручник. Київ. Техніка. 2002. 512 с.
9. *Хуторова О. Г., Стенин Ю. М., Фахртдинов Р. Х.* Компьютерное моделирование физических процессов. Казань: КГУ. 2001. 53 с.
10. *Черниш О. М.* Енергетичні показники параметричного коливального процесу. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Харків. 2013. Вип. 139. С. 316-321.
11. *Черниш О. М., Яременко В. В.* Розрахункова модель коливального руху навісного очисника головок коренеплодів. Вібрації в техніці та технологіях. Вінниця. 2013. № 1 (69). С. 140-148.

References

1. *Anisimov I. A.* (2003). Oscillations and waves. Kiev. Academic press. 280.
2. *Biderman V. L.* (1980). Theory of mechanical vibrations. Moscow. High school. 480.
3. *Bulgakov V. M., Golovach I. V.* (2003). Theory of vibrating excavation of root crops. Mechanization of agricultural production. Kiev. NAU. T. XIV. 34-86.
4. *Wolfson I. S.* (1990). Vibrations of machines with cyclic mechanisms of action. Leningrad. Engineering. 306.
5. *Kolovsky M. O.* (1989). Dynamics of machines. Leningrad. Engineering. 263.
6. *Kuznetsov A. P., Kuznetsov S. P., Ryskin N. M.* (2002). Nonlinear oscillations. Moscow. Ed. Fiz.-Mat. lit. 292.

7. *Mangus K.* (1982). Oscillations. Introduction to the study of oscillatory systems. Moscow. World. 304.
8. *Pavlovsky N. A.* (2002). Theoretical mechanics: textbook. Kiev. Technique. 512.
9. *Khutorova E. G., Stenin Y. M., Fahrutdinov G. H.* (2001). Computer simulation of physical processes. Kazan: KSU. 53.
10. *Chernysh O. M.* (2013). Energy performance of the parametric oscillation process. Bulletin of Kharkov national technical University of agriculture named Peter Vasilenko. Kharkov. Vol. 139. 316-321.
11. *Chernysh O. M., Yaremenko V. V.* (2013). Computational model of the vibrational motion of the hinged cleaner of heads of root crops. Vibration in engineering and technology. Vinnitsa. No 1 (69). 140-148.

unsteady static and dynamic equilibrium of the autoswaying systems is certain at necessary initial conditions. It is rotined that the mode of steady vibrations with eventual amplitude is possible only in the autoswaying systems with nonlinear properties. The task of prognostication of origin of steady autoswaying motions to decide in the linear raising is offered. Steady self-excited oscillations of the mechanical system are considered with a viscidlyresilient element in an environment with resistance, which can be presented as free vibrations of the nonlinear mechanical system.

Key words: self-excited oscillations, mechanical energy of the system, static and dynamic equilibrium, stability of vibrations.

О. М. Черниш ORCID 0000-0002-4429-2020.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СООТНОШЕНИЙ ПРИ АНАЛИЗЕ АВТОКОЛЕБАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

О. Н. Черныш

Аннотация. Рассмотрены условия изменения механической энергии при определении характеристик автоколебательного движения механической системы. Проанализированы энергетические соотношения в случае автоколебаний с мягким и жестким самовозбуждением. Выяснено положение точек статического и динамического равновесия автоколебательных систем на графических зависимостях изменения механической энергии системы от амплитуды ее колебательного движения. Определен характер устойчивого или неустойчивого статического и динамического равновесия автоколебательных систем при необходимых начальных условиях. Показано, что режим устойчивых колебаний с конечной амплитудой возможен только в автоколебательных системах с нелинейными свойствами. Предложено задачу прогнозирования возникновения устойчивых автоколебательных движений решать в линейной постановке. Рассмотрены устойчивые автоколебания механической системы с вязкоупругим элементом в среде с сопротивлением, которые можно представить в виде свободных колебаний нелинейной механической системы.

Ключевые слова: автоколебания, механическая энергия системы, статическое и динамическое равновесие, устойчивость колебаний.

RESEARCH OF POWER CORRELATIONS IS AT ANALYSIS OF AUTOSWAYING SYSTEM

O. M. Chernysh

Abstract. The terms of change mechanical energy are considered at determination of descriptions of autoswaying motion of the mechanical system. Power correlations are analyzed in the case of self-excited oscillations with soft and rigid self-excitation. Position of points of static and dynamic equilibrium of the autoswaying systems is found out on graphic dependences of change of mechanical energy of the system on amplitude of its fluctuating motion. Character of steady or

УДК 631.372

ВИЗНАЧЕННЯ ДІЙСНОГО РАДІУСУ КОЧЕННЯ ПНЕВМАТИЧНИХ КОЛІС

Г. А. Голуб, В. В. Чуба

Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна.

Кореспонденція авторів: gagolub@ukr.net, vvchuba@ukr.net.

Історія статті: отримано – січень 2018, акцентовано – травень 2019.

Бібл. 11, рис. 4, табл. 2.

Анотація. Отримані результати дають змогу виконати розрахунок дійсного радіуса кочення колеса коліс самохідних машин відповідно до тиску повітря в шинах та параметрів взаємодії з опорною поверхнею.

На основі розробленої моделі для визначення початкового радіуса колеса та довжини зони контакту колеса з опорною поверхнею отримано залежність для визначення дійсного радіуса кочення колеса.

Виконані дослідження підтвердили збільшення дійсного радіуса кочення при збільшенні тиску повітря в шинах. Так, наприклад, для заднього колеса трактора John Deere 7130 при збільшенні тиску від 0,6 до 2,6 атм спостерігалось збільшення радіуса кочення на 21 мм. Для переднього колеса при зміні тиску від 1 до 2 атм спостерігалось збільшення радіуса кочення на 7 мм. Індекс детермінації розрахункових та експериментальних значень дійсного радіуса кочення становить $\eta^2 = 0,98$ для передніх та $\eta^2 = 0,99$ для задніх коліс, що свідчить про адекватність отриманих розрахункових залежностей.

Ключові слова: радіус кочення колеса, деформація колеса, тиск повітря в шині, зона контакту колеса з опорною поверхнею.

Постановка проблеми

У більшості досліджень, що стосувалися руху колісних рушіїв, які виконані в середині минулого століття, приймався статичний радіус кочення колеса [1]. Проте такий підхід справедливий тільки для коліс, що не піддаються деформації.

Сучасні дослідження механіки взаємодії привідного колеса та опорної поверхні направлені на удосконалення технічних засобів та систем керування оптимальними режимами руху самохідних машин [2]. Подібні системи вимагають виконання точних вимірювань та отримання мінімальних похибок під час розрахунків.

Радіус кочення колеса є важливим параметром, оскільки він визначає показники взаємодії колеса із опорною поверхнею при перетворенні потужності двигуна в тягову силу.

На сьогодні відсутній єдиний підхід до визначення дійсного радіуса кочення пневматичних коліс під час руху самохідних машин.

Аналіз останніх досліджень

У роботі [3], при дослідженні взаємодії шини з ґрунтом на тягові властивості сільськогосподарських енергозасобів, наголошується про необхідність визначення дійсного радіуса кочення колеса. Авторами розглянута можливість визначення дійсного радіуса кочення колеса на основі проведення тестів перекочування самохідної машини на різному ґрунтовому фоні. Було встановлено, що існує різниця в значеннях радіуса кочення колеса при наявності тягового навантаження та без нього.

Досліджувався також процес перекочування привідного колеса з пневматичною шиною на ґрунті, що зазнає деформацію [4]. На основі проведених досліджень, виділено три радіуси кочення колеса, а саме: кінематичний радіус, який виникає в результаті існування ковзання (буксування) колеса; кінетичний радіус, який обчислюється із співвідношенням крутного моменту та приведеної сили опору переміщення колеса та геометричний радіус – як відстань між центром колеса і нижньою частиною шини. Автор відмічає неспівпадіння та взаємозалежність зазначених радіусів.

У роботі [5] розглянуті теоретичні підходи та виконано експериментальні дослідження по визначенню кінематичного та кінетичного радіусу із застосуванням сучасних вимірювальних засобів. Було встановлено розбіжність експериментально отриманих радіусів із статичним радіусом колеса. Автори допустили можливість застосування статичного радіуса колеса для виконання моделювання зміни показників взаємодії колеса із опорною поверхнею.

Запропоновані в роботах [4, 5] методичні підходи для визначення радіуса кочення колеса дозволяють вирішувати задачі взаємодії колеса з ґрунтом із відповідними похибками, проте для широкого використання ці підходи потребують подальшого удосконалення.

На сьогодні виконано певна кількість досліджень які базуються на емпіричних залежностях, отриманих при різних умовах взаємодії привідного колеса та опорної поверхні.

За даними [6] дійсний радіус кочення колеса пропонується розраховувати наступним чином:

$$R_D = \frac{2}{3}R_u + \frac{1}{2}R_l \quad (1)$$

де R_D – дійсний радіус кочення колеса, м;
 R_u – радіус колеса без навантаження, м;
 R_l – радіус навантаженого колеса, м.

У роботі [7] дійсний радіус кочення колеса пропонується визначати за допомогою напівемпіричної залежності:

$$R_D = R_U - \rho_0 \left[D \arctan \left(B \frac{\rho}{\rho_0} \right) + E \frac{\rho}{\rho_0} \right] \quad (2)$$

де ρ – дійсний прогин шини, м;
 ρ_0 – прогин шини при номінальному навантаженні, м

B , D , E – конструктивні параметри шини, які характеризують параметри шини пов'язані із характером деформації шини при навантаженні, від. од.

У роботі [8], для визначення дійсного радіусу кочення в залежності від привідного крутного моменту, навантаження та тиску, було запропоновано залежність на основі емпіричних коефіцієнтів:

$$R_D = R_U - \lambda^* \left[1 - (1 - W/W^*) p / p^* \right] T \quad (3)$$

де W – вертикальне навантаження на колесо, Н;
 p – тиск в колесі, кПа;
 T – крутний момент прикладений до колеса, Н м;
 λ^* , W^* , p^* – емпіричні фактори продольної еластичності шини, навантаження та тиску відповідно.

Застосування наведених залежностей, а також їм подібних, дають змогу виконати орієнтовний розрахунок зміни дійсного радіусу кочення колеса, але при практичному використанні можуть призводити до суттєвих похибок.

У роботі [9], на основі застосування сучасних GPS технологій, автори розглянули можливість застосування оперативного контролю за тиском в шині на основі зміни дійсного радіусу кочення. Дійсний радіус кочення запропоновано визначати виходячи із відношення лінійної швидкості транспортного засобу та кутової швидкості обертання колеса. Даний підхід дозволяє фіксувати зміну радіуса лише у випадку відсутності зміни крутного моменту та відсутності ковзання колеса. В реальних умовах завжди буде присутнє ковзання, змінна деформація за рахунок приведенного крутного моменту та ковзання колеса.

У роботі [10] для експериментального визначення кутової швидкості колеса використано датчики АБС. При заданій швидкості переміщення та при вимірюваному за допомогою лазерної лінійки радіуса колеса, було визначено фактичну жорсткість шини. Запропоновано застосування чутливої електронної системи визначення зміни положення центру мас [11]. Це дозволяло фіксувати деформацію колеса в залежності від прикладеного до нього динамічного навантаження. Такий підхід дозволяє визначити жорсткість колеса на основі зміни дійсного радіуса колеса.

Аналіз досліджень [10, 11] показує перспективність застосування різних способів для визначення ковзання колеса, що дозволяє

опосередковано робити висновки про зміну дійсного радіусу кочення колеса. Практичну цінність застосування проаналізованих методів можна отримати тільки у випадку визначення величини миттєвого дійсного радіусу кочення, але для цього необхідно задаватися початковим значенням дійсного радіусу кочення.

Виконаний аналіз існуючих публікацій показав відсутність єдиного підходу та методики у визначенні дійсного радіусу кочення колеса під час взаємодії колеса із опорною поверхнею. Також слід відмітити різноманітний вплив багатьох параметрів взаємодії колеса та опорної поверхні на дійсний радіус кочення колеса. Неможливість визначити дійсний радіус кочення призводить до суттєвих помилок при інтерпретації експериментальних та теоретичних досліджень роботи коліс. Встановлення дійсного радіусу кочення колеса дасть змогу визначити тягову силу та ковзання колеса. Уточнення методики визначення початкового радіусу кочення пневматичного колеса в залежності від його конструкційних параметрів, є актуальним науковим завданням.

Мета досліджень

Обґрунтувати умови та методику визначення дійсного радіусу кочення пневматичних приводних коліс самохідних машин при деформації від вертикально прикладеного навантаження.

Результати досліджень

При обґрунтуванні методики та визначенні початкового та дійсного радіуса кочення приводних коліс використовувалося геометричне моделювання деформації пневматичного колеса. Виконано експериментальне дослідження зміни геометричних параметрів шин трактора John Deere серії 7130 від зміни тиску в шині. При проведенні експериментальних досліджень трактор був обладнаний передніми Goodyear Super Traction Radial 14.9 R24 та задніми Firestone Radial 800 460/85 R38 шинами.

Довжину кола шини по центру та краю протектора визначали при заданому тиску в шині для піднятого колеса (при відсутності навантаження). Хорда зони контакту колеса із опорною поверхнею при навантаженні вагою трактора вимірювалася при різному тиску в шинах.

Для перевірки достовірності отриманих теоретичних залежностей виконувалося експериментальна перевірка зміни дійсного радіусу кочення коліс трактора при зміні тиску в шинах та при переміщенні по горизонтальному бетонному майданчику. При визначенні дійсного радіусу кочення встановлювався необхідний тиск в шині та здійснювалося перекочування на відстань 10 повних обертів колеса. Під час перекочування фіксували шлях пройдений колесом за один оберт та загальний пройдений шлях. Після виконання 10 обертів,

виконувалося усереднення шляху, що проходить колесо за один оберт. По середньому шляху пройденому за один оберт колеса визначався дійсний радіус кочення колеса. Достовірність отриманих теоретично та експериментально дійсних радіусів кочення виконано за допомогою порівняння ковзання колеса відносно початкового радіуса колеса.

При русі колісних тракторів, автомобілів та інших самохідних машин відбувається деформація шин коліс завдяки дії приведенного вертикального навантаження та дії крутного моменту підведеного до колеса.

Із-за деформації шин коліс, фактичний шлях, що проходить колесо є меншим, ніж пройшло б це колесо при відсутності деформації шини. Таким чином деформація колеса вносить свою частку в загальне ковзання колеса.

Більшість дослідників розглядають явище ковзання як відношення різниці лінійної та дійсної швидкості колеса до лінійної або відношення різниці можливого та пройденого шляху до можливого:

$$\delta = \frac{\omega R_K - V_D}{\omega R_K} = \frac{2\pi R_K n - S_D}{2\pi R_K n} \quad (4)$$

де δ – коефіцієнт ковзання, відн. од.;

V_D – дійсна швидкість, м/с;

ω – кутова швидкість обертання привідного колеса, рад./с;

R_K – радіус кочення привідного колеса, м;

n – кількість обертів яке робить колесо за одиницю часу, об/с;

S_D – дійсний шлях, який проходить колесо за визначене число обертів колеса, м.

Як показує практика деформоване колесо за один оберт проходить шлях менший ніж колесо без деформацій. Це свідчить про зменшення дійсного радіусу обертання колеса у випадку деформування. Визначення дійсного радіуса обертання деформованого колеса здійснювалося виходячи із припущення існування ковзання деформованого колеса відносно вільного недеформованого стану.

Математично ковзання можна визначити як різницю між довжиною дуги, яку обмежує центральний кут, що спирається на хорду прогину шини колеса та самою довжиною хорди прогину шини колеса, наступним чином (рис. 1):

$$\delta_G = \frac{2\pi}{\alpha} \left(\frac{\alpha R - 2R \sin \frac{\alpha}{2}}{\alpha R} \right) = \left(1 - \frac{2}{\alpha} \sin \frac{\alpha}{2} \right) \quad (5)$$

де δ_G – ковзання колеса, відн. од.;

R – початковий радіус кочення колеса, м;

α – центральний кут, який обмежує хорду прогину шини колеса, рад.

Враховуючи, що

$$\sin \frac{\alpha}{2} = \frac{L}{2R} \quad (6)$$

де L – довжина хорди, яку утворює прогин шини колеса, м, отримаємо:

$$\delta_G = \left(1 - \frac{2}{\alpha} \frac{L}{2R} \right) = \left(1 - \frac{L}{\alpha R} \right) = \left(1 - \frac{R_D}{R} \right) \quad (7)$$

де R_D – дійсний радіус кочення деформованого колеса, м.

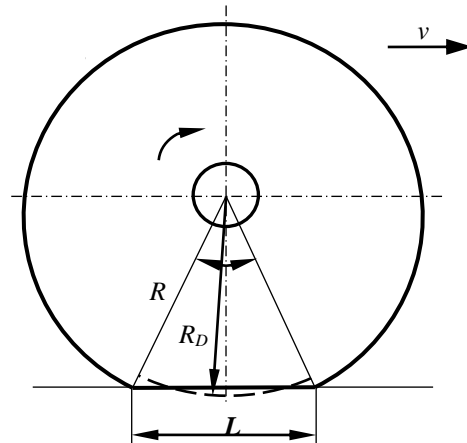


Рис. 1. Спрощена геометрична інтерпретація процесу деформації шини колеса.

Fig. 1. A simplified geometric interpretation of the process of deformation of the tire wheel.

Отже розрахувати дійсний радіус деформованого колеса можна за наступним виразом:

$$R_D = \frac{L}{\alpha} = \frac{L}{2 \arcsin \frac{L}{2R}} \quad (8)$$

Довжина хорди при контакті колеса із опорною поверхнею може бути легко визначена за допомогою експериментальних вимірювань. Складніше визначити початковий радіус колеса, адже форму та деформацію колеса задають конструктивні особливості виконання колеса та протектора.

Оскільки початковий дійсний радіус кочення задає прикладене вертикальне навантаження, то за початковий радіус слід приймати стан колеса коли деформація протектора викликана власною вагою колеса.

Розглядаючи колесо у вільному стані помітно, що радіус поперечного перерізу величина непостійна. Радіус колеса у вільному стані зменшується від центру протектору до зовнішнього краю. При навантаженні колеса власною вагою відбувається деформація протектора в зоні контакту з опорною поверхнею. Характер деформації протектора задає жорсткість каркасу пневматичної шини та внутрішній тиск в шині.

Визначити зміну радіуса колеса викликану навантаженням власною вагою можна наступним чином:

$$\Delta r = \frac{(l_C - l_K) k_{DP}}{2\pi} \quad (9)$$

де Δr – зменшення радіуса колеса відносно центру протектора та його краю у поперечному перерізі, м;

l_C – довжина колеса по середині протектора, м;

l_K – довжина колеса по краю протектора, м;

k_{DP} – коефіцієнт жорсткості шини, що задає деформацію шини в повздовжньому та поперечному напрямі, відн. од.

Враховуючи вираз (9) початковий радіус колеса визначається наступним чином:

$$R = R_C - \Delta r = \frac{l_C}{2\pi} - \frac{(l_C - l_K)k_{DP}}{2\pi} = \frac{l_C(1 - k_{DP}) + l_K k_{DP}}{2\pi} \quad (10)$$

де R_C – радіус середини протектора колеса у вільного стані, м.

Враховуючи це, вираз для визначення дійсного радіусу деформованого колеса набуває вигляду:

$$R_D = \frac{L}{2 \arcsin \frac{L\pi}{l_C(1 - k_{DP}) + l_K k_{DP}}} \quad (11)$$

Для визначення дійсного радіусу кочення виконано експериментальні вимірювання необхідних параметрів переднього та заднього колеса. Отримано зміну довжин протектора у вільному стані колеса при зміні тиску. При прийнятих значеннях коефіцієнтів жорсткості шини виконано розрахунок початкового радіусу колеса при відповідному тиску в колесі. Виконано також розрахунок дійсного радіусу кочення та відповідного коефіцієнту ковзання колеса. Експериментальні та теоретичні параметри при зміні тиску переднього колеса занесені в табл. 1, заднього – в табл. 2.

Таблиця 1. Експериментальні та теоретичні параметри переднього колеса.

Table 1. Experimental and theoretical parameters of the front wheel.

Назва та одиниці вимірювання	Позначення	Тиск в колесі, атм					
		1	1,2	1,4	1,6	1,8	2
Довжина по середині протектора, м	l_C	3,875	3,88	3,88	3,885	3,885	3,89
Довжина по краю протектора, м	l_K	3,75	3,747	3,748	3,755	3,755	3,753
Коефіцієнт жорсткості, від. од.	k_{DP}	0,92	0,91	0,9	0,89	0,865	0,845
Початковий радіус, м	R	0,5984	0,5982	0,5986	0,5999	0,6004	0,6006
Довжина хорди зони контакту, м	L	0,383	0,349	0,33	0,32	0,314	0,309
Розрахунковий дійсний радіус кочення, м	R_D	0,5879	0,5896	0,5909	0,5926	0,5934	0,5939
Експериментальний дійсний радіус кочення, м	R_{DS}	0,588	0,59	0,591	0,593	0,593	0,594

Таблиця 2. Експериментальні та теоретичні параметри заднього колеса.

Table 2. Experimental and theoretical parameters of the rear wheels.

Назва та одиниці вимірювання	Позначення	Тиск в колесі, атм										
		0,6	0,8	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2	2,2	2,4	2,6
Довжина по середині протектора, м	l_C	5,483	5,484	5,485	5,485	5,495	5,495	5,5	5,505	5,51	5,51	5,51
Довжина по краю протектора, м	l_K	5,253	5,253	5,253	5,253	5,254	5,254	5,255	5,254	5,255	5,26	5,26
Коефіцієнт жорсткості, від. од.	k_{DP}	0,615	0,6	0,595	0,545	0,495	0,45	0,42	0,37	0,365	0,36	0,355
Початковий радіус, м	R	0,85	0,85	0,851	0,852	0,855	0,857	0,858	0,861	0,862	0,862	0,862
Довжина хорди зони контакту, м	L	0,57	0,5	0,46	0,45	0,444	0,435	0,42	0,403	0,395	0,391	0,384
Розрахунковий дійсний радіус кочення, м	R_D	0,833	0,838	0,840	0,842	0,845	0,847	0,850	0,853	0,854	0,855	0,855
Дійсний радіус кочення, м	R_{DS}	0,833	0,837	0,839	0,842	0,845	0,847	0,849	0,853	0,854	0,854	0,855

Початковий радіус колеса в залежності від тиску повітря шині, розрахований за виразом (10), приведений на рис. 2. Із графіка видно, що початковий радіус колеса збільшується при збільшенні тиску повітря в шині.

На рис. 3 та рис. 4 наведені результати розрахунку та експериментального вимірювання зміни дійсного радіусу кочення відповідно переднього та заднього колеса від зміни тиску повітря в шині. Розрахунковий дійсний радіус кочення визначений на основі значень довжини хорди зони контакту колеса і початкового радіуса колеса згідно виразу (81) для відповідного тиску шини в колесі.

В результаті проведених досліджень обґрунтовано принципи визначення початкового радіуса колеса на базі якого можна здійснити

визначення дійсного радіуса кочення колеса. Високий рівень співпадіння розрахункових та експериментальних значень дійсних радіусів колеса свідчить про адекватність розроблених методів та залежностей для практичного застосування.

Отримані результати дають змогу оцінити вплив деформації колеса під дією вертикального навантаження (ваги енергозасобу) на дійсний радіус кочення колеса та коефіцієнт ковзання. Оскільки вертикальне навантаження величина постійна, то дійсний радіус кочення при перекочуванні колеса можна приймати за початковий стан колеса. Подальші дослідження доцільно продовжувати у напрямку визначення впливу крутного моменту на зміну показників кочення та ковзання колеса. Також важливим питанням для подальшого дослідження є

Висновки

1. Визначення початкового радіусу колеса дозволяє виконати розрахунок дійсного радіусу кочення колеса з урахуванням геометричних показників деформації колеса в зоні контакту з опорною поверхнею.

2. На основі геометричних показників зони контакту при взаємодії колеса з опорною поверхнею, отримано вираз для визначення дійсного радіусу кочення колеса. Порівняння розрахункового та експериментально отриманого дійсного радіусу кочення колеса дозволяє стверджувати про адекватність застосованої методики та отриманої залежності для визначення дійсного радіусу кочення. Індекс детермінації розрахункових та експериментальних даних становить $\eta^2 = 0,98$ для передніх та $\eta^2 = 0,99$ для задніх коліс.

3. Виконані дослідження підтвердили збільшення дійсного радіусу кочення при збільшенні тиску повітря в шині. Так, для заднього колеса при збільшенні тиску від 0,6 до 2,6 атм спостерігається збільшення радіусу кочення на 21 мм, для переднього колеса при зміні тиску від 1 до 2 атм спостерігається збільшення радіусу кочення на 7 мм. Отримані результати дають змогу виконати оцінку ковзання приводних коліс енергозасобів відповідно до тиску повітря в шинах та параметрів взаємодії з опорною поверхнею.

Список літератури

1. *Bekker M. G.* Theory of land locomotion. The mechanics of vehicle mobility. Ann Arbor: The Univ. Michigan Press. 1956. 522 p.
2. *J.P. Gray, V.V. Vantsevich, J. Paldan* Agile tire slippage dynamics for radical enhancement of vehicle mobility. Journal of Terramechanics. 2016. Vol. 65. P. 14-37. (doi:10.1016/j.jterra.2016.01.002).
3. *S. Upadhyaya, W Chancellor, D. Wulfsohn* Sources of variability in traction data. Journal of terramechanics. 1988. Vol. 25. P. 249-272.
4. *Kiss P.* Rolling Radii of a Pneumatic Tyre on Deformable Soil. Biosystems Engineering. 2003. Vol. 85. P. 153-161.
5. *H.A. Hamersma, T.R. Botha, Els. P. Schalk.* The dynamic rolling radius of a pneumatic tyre on hard terrains. International Journal of Vehicle Systems Modelling and Testing. 2016. Vol 11, Issue 3. P. 234-251. (doi:10.1504/ijvsmt.2016.080879).
6. *Jazar R. N.* Vehicle dynamics: Theory and application. Springer. New York. 2017. 985 p. (doi.org/10.1007/978-3-319-53441-1).
7. *Pauwelussen J.P., Dalhuijsen W., Merts M.* Tyre dynamics, tyre as a vehicle component. Virtual Education in Rubber Technology (VERT). HAN University. 2007. http://laroverket.com/wp-content/uploads/2015/03/tyre_as_car_component.pdf (дата звернення: 06.11.2018).
8. *T. Wilson, M. Siero, C. Kopchick, V. Vantsevich* Terrain Truck: Control of Wheel Rotational Velocities

and Tire Slippages. SAE Technical Paper 2011-01-2157. 2011. (doi:10.4271/2011-01-2157).

9. *J. Ryan, D. Bevly* Tire radius determination and pressure loss detection using GPS and vehicle stability control sensors. IFAC Proceedings. 2012. Vol 8., Issue 1. P. 1203-1208. (doi:10.3182/20120829-3-mx-2028.00090)

10. *N.K. M'Sirdi, A. Rabhi, L. Fridman, J. Davila, Y. Delanne* Second order sliding-mode observer for estimation of vehicle dynamic parameters. Vehicle Design. 2008. Vol. 48. P. 190-207.

11. *C. El. Tannoury, C. Plestan, F. Moussaoui, N. Romani* Tyre effective radius and vehicle velocity estimation: A variable structure observer solution. International Multi-Conference on Systems, Signals and Devices 2011. P. 1-6. (doi:10.1109/ssd.2011.5767491).

References

1. *M.G. Bekker.* (1956). Theory of land locomotion. The mechanics of vehicle mobility. Ann Arbor: The Univ. Michigan Press. 522.
2. *J.P. Gray, V.V. Vantsevich, J. Paldan.* (2016). Agile tire slippage dynamics for radical enhancement of vehicle mobility. Journal of Terramechanics, Vol. 65, 14-37.
3. *S. Upadhyaya, W Chancellor, D. Wulfsohn* (1998). Sources of variability in traction data. Journal of terramechanics, Vol. 25, 249-272.
4. *P. Kiss.* (2003). Rolling Radii of a Pneumatic Tyre on Deformable Soil. Biosystems Engineering, Vol. 85, 153-161.
5. *H.A. Hamersma, T.R. Botha, Els. P. Schalk* (2016). The dynamic rolling radius of a pneumatic tyre on hard terrains. International Journal of Vehicle Systems Modelling and Testing, Vol 11 (3), 234-251.
6. *R. N. Jazar.* (2017). Vehicle dynamics: Theory and application. Springer. New York, 985.
7. *Pauwelussen J.P., Dalhuijsen W., Merts M.* (2007). Tyre dynamics, tyre as a vehicle component. Virtual Education in Rubber Technology (VERT). HAN University.
8. *T. Wilson, M. Siero, C. Kopchick, V. Vantsevich.* (2011). Rotational Velocities and Tire Slippages. SAE Technical Paper 2011-01-2157.
9. *J. Ryan, D. Bevly.* (2012). Tire radius determination and pressure loss detection using GPS and vehicle stability control sensors. IFAC Proceedings, Vol 8 (1), 1203-1208.
10. *N.K. M'Sirdi, A. Rabhi, L. Fridman, J. Davila, Y. Delanne.* (2008). Second order sliding-mode observer for estimation of vehicle dynamic parameters, Vol. 48, 190-207.
11. *C. El. Tannoury, C. Plestan, F. Moussaoui, N. Romani.* (2011). Tyre effective radius and vehicle velocity estimation: A variable structure observer solution. International Multi-Conference on Systems, Signals and Devices, 1-6.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕЙСТВИТЕЛЬНОГО РАДИУСА
КАЧЕНИЯ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ КОЛЕС*Г. А. Голуб, В. В. Чуба*

Аннотация. Полученные результаты позволяют вычислить фактический радиус качения колеса приводных колес самоходных машин, в соответствии с давлением воздуха в шинах и параметрами взаимодействия с опорной поверхностью.

На основании разработанной модели для определения начального радиуса колеса и длиной зоны контакта колеса с опорной поверхностью, была получена зависимость для определения фактического радиуса качения колеса.

Исследования подтвердили увеличение фактического радиуса качения и уменьшение увеличения давления воздуха в шинах. Например, для заднего колеса трактора John Deere 7130 с увеличением давления от 0,6 до 2,6 атм наблюдалось увеличение радиуса качения на 21 мм. Для переднего колеса, когда давление изменилось от 1 до 2 атм, радиус качения увеличился на 7 мм. Индекс определения расчетных и экспериментальных значений реального радиуса качения составляет $\eta^2 = 0,98$ для переднего колеса и $\eta^2 = 0,99$ для задние колеса, что свидетельствует об адекватности рассчитанных зависимостей.

Ключевые слова: радиус качения колеса, деформация колеса, давление воздуха в шине, зона контакта колеса с опорной поверхностью

DETERMINATION OF ROLLING RADIUS OF
PNEUMATIC WHEELS*G. A. Golub, V. V. Chuba*

Abstract. The obtained results allow calculating the actual rolling radius of the wheel of the drive wheels of self-propelled machines in accordance with the air pressure in the tires and the parameters of interaction with the support surface.

On the basis of the developed model for determining the initial radius of the wheel and the length of the contact zone of the wheel with the support surface, the dependence for determining the actual radius of the wheel rolling was obtained.

The studies have confirmed an increase in the actual rolling radius and a decrease an increase in air pressure in the tires. For example, for the rear wheel of a tractor John Deere 7130 with an increase in pressure from 0.6 to 2.6 atm, an increase in the rolling radius by 21 mm were observed. For the front wheel, when the pressure changed from 1 to 2 atm, the rolling radius increased by 7 mm The index of determination of calculated and experimental values of the real rolling radius is $\eta^2 = 0,98$ for the front and $\eta^2 = 0.99$ for the rear wheels, which indicates the adequacy of the calculated dependences.

Key words: rolling wheel radius, wheel deformation, air pressure in the tire, wheel contact area with bearing surface.

Г. А. Голуб ORCID 0000-0002-2388-0405.

В. В. Чуба ORCID 0000-0002-4119-0520.

UDC 614.82

PROBABILISTIC METHOD OF ANALYSIS OF DEGREE OF OPERATING HAZARDS OF TRACTORS ON BASIS OF DETECTION DETAILS

O. V. Voinalovych¹, O. A. Hnatiuk², L. L. Titova¹, O. G. Polischuk³

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

²State Labor Service of Ukraine, Ukraine.

³Tarashchansky State of Technical, Economic and Legal College, Ukraine.

Corresponding authors: voynalov@bigmir.net.

Article history: Received: March 2019. Received in the revised form: April 2019. Accepted: May 2019.

Bibl. 17, fig. 2, tabl. 0.

Abstract. An analysis of literary sources has shown that the methods used to evaluate occupational risk are mostly attempted to take into account the risk of erroneous actions by workers (operators), neglecting the technical condition of machines and the criticality of accumulation of defects during prolonged operation, which could lead to emergencies and accidents. In the given work the complex method of estimation of occupational risk is offered taking into account the influence of "organizational" and "technical" factors as the basis for forecasting the residual, safe for employees of the resource of machines, in particular method of calculating occupational risks for various types of mechanized work in agriculture using wheeled tractors.

The basic events considered the organizational causes of occupational injuries, in particular violation of the requirements of occupational safety and health by mechanics and job managers, and technical malfunctions of tractor units due to the emergence and spread of operational fractures in responsible parts. The total probability of the basic events should be equal to one.

Probabilities of basic events for organizational reasons were asked according to the known statistical indicators of occupational injuries in the agro-industrial complex, and probability of occurrence of technical malfunctions depending on the duration of operation of the tractor in accordance with an increase in the relative number of cracks in the total mass of the research parts of the tractor.

An example of using the developed method in this paper is the calculation of the probability of a traumatic situation occurring on mechanized works in the agriculture – as a result of the sudden lowering of tractor hinged implements, the details of which may cause and spread operational cracks. The calculation is made for cases of subcritical and critical accumulation of operational cracks in the array of investigated critical parts of the tractor.

Key words: professional risk, operational cracks, defectoscopy, mechanized works.

Introduction

Currently, most scientists and experts in the field of occupational safety argue that the methods of assessment of occupational hazards do not allow objectively evaluate

risk performance of work using machines and mechanisms, including those that are of high risk [1-3].

Formulation of problem

The methods used mostly take into account the risk erroneous actions by workers (machine operators), leaving out the technical condition of the machines and the criticality of accumulation of defects during prolonged operation, which can lead to emergencies and accidents. Therefore, it is important to develop a method for assessing occupational risk taking into account the influence of "organizational" and "technical" factors as the basis for forecasting the residual, safe for workers, the resource of machines.

Analysis of recent research results

The methods available for assessing occupational (industrial) risk are based on sufficiently close approaches to identifying and comparing risks [4].

Yes, the methods of analyzing a "fault tree" or an "event tree" involve drawing up logic-simulation models (which can be schematically represented as a branching tree) of previously identified possible dangerous factors and their relationships that may cause a dangerous event to occur. The advantages of these methods are the clarity of the presentation of the interconnections of the underlying and intermediate events and the relative ease of calculating the probability of a final dangerous event (if the values of the probabilities of the initial events leading to a malfunction of the work of the technical system and accidents are correctly indicated) [5].

A certain problem of these methods lies in the lack of objectivity in determining the probabilities of the initial events, the failure to take into account the hidden causes and the complexity of representing all interactions in the tree, which may lead to erroneous results of estimating the probability of the occurrence of a final dangerous event [6]. Especially difficult to involve in logic-simulation models are "hidden" failures (malfunctions) machines, which may manifest itself in certain modes of operation [7]. In the

method of the problem tree, as a rule, only simplified states and operating modes of the machine are analysed: "capable" ("normal") or "not functioning" ("emergency"), which is often insufficient.

Markov analysis [8] is implemented in the form of certain block diagrams of transitions (Markov diagrams), which allow to visualize the process of damage and recovery of the system, taking into account that the sum of all probabilities of the system should be equal to units. But with the increase in the number of elements in the research system, the number of its probable states and transitions between them increases, and thus the error of the final results of the assessment of occupational risk increases [9].

From the analysis of recent studies [10], it can be noted that the use of one or another method to determine the risk of an emergency state of the car (the danger of its operation) is quite subjective [11], since the probability of the basic events in the calculations is based on the conclusions of the expert or group of experts [12], that is, there is a "organizational factor" associated with possible mistaken estimates by experts [13].

Purpose of research

To develop of a comprehensive method for evaluating occupational risk for the long-term exploitation of mobile agricultural machinery taking into account the influence of organizational (errors of mechanics and job managers) and technical (presence of operational damage of parts of machine parts) factors.

Research results

In the given work the method of calculation of professional risks for various kinds of mechanized works in agriculture with use of wheeled tractors is offered. The basic events considered the organizational causes of occupational injuries, in particular violation of the requirements of labour protection by mechanics and job managers, and technical malfunctions of tractor units due to the emergence and spread of operational fractures in responsible parts. The total probability of the basic events should be equal to units.

Probabilities of basic events for organizational reasons were asked according to known statistical indicators of occupational injuries in the agro industrial complex [14], and probability of occurrence of technical malfunctions – depending on the duration of operation of the tractor in accordance with an increase in the relative number of cracks in the total array of the studied tractor parts [15].

With the help of a specialized portable eddy currents current defectoscope (Fig. 1), the presence of cracks in the details of nodes of more than 50 MTZ-80 (82) tractors with different operating periods (up to 17 years from the date of release) was estimated. On the basis of the received data on the number of detected cracks, kinetic diagrams of the accumulation of cracks in the details of the MTZ-80 (82) knot systems (systems) were constructed and the relative duration of operation was established, after which the intensity of cracking significantly increases. In case of exceeding this value, the probability of sudden destruction of tractor

units and the creation of emergency situations on mechanized or transport works with the participation of tractors increases [16].



Fig. 1. Portable eddy currents pulse defectoscope (beside to the cut piece of tractor engine sleeve with the main crack on the inner surface).

In this paper, the relative number of cracks in the total array of investigated tractor parts for a certain length of operation was considered as a probabilistic value [17] in the proposed method for calculating occupational risks for various types of mechanized work in agriculture using wheeled tractors. The development of models for creating hazardous situations in the form of a structural scheme (wood) involves identifying connections between the basic and intermediate events (erroneous actions of workers, exploited by defects and failures of technology, adverse external influences of the production environment), forming the main event with a certain risk injuries or accidents. Currently, there is not an exhaustive procedure for creating a tree of events or malfunctions, which would indicate how to logically combine the relationships between the basic and intermediate events, taking into account their significance and the degree of completeness of the analysed set of initial events. There is also a controversial issue to justify the probabilities of the underlying events. It is important to develop logic-simulation models for a large number of various mechanized works in agriculture, which will allow comparing the levels of occupational risk during their implementation in the presence of violations and establish the most significant.

As an example of the use of the developed logic-simulation models in this paper, the calculation of the probability of a traumatic situation occurring in mechanized work in agriculture – as a result of the sudden lowering of tractor hinged implements, in which details of which operational cracks may occur and spread, is presented. The logic-simulation model of the onset of such a traumatic situation is presented in Fig. 2.

In the present work, SAPHIRE computer program [16] was used to analyse the logic-simulation model of the onset of a traumatic situation and to determine the risk of injury to workers who are in the zone of sudden downsizing of tractor hinged implements. The description of separate elements of the developed logic-simulation model is given in the Table 1, which also specifies certain values of the

basic events, in particular for the subcritical and critical accumulation of cracks in the details of the tractor units (element J). The probabilities of basic events in logic-simulation models of hazardous situations are given as those that are consistent with the statistical indicators of occupational injuries in agriculture in Ukraine, averaged over the past 5 years. They were taken from the annual statistical bulletin "Traumatism in the production" of the State Statistics Service of Ukraine.

The calculation was performed for two lifetime tractors, namely 6 and 13 years old when the relative number of cracks in the overall array studied Tractor amounted to 0.2 and 0.45.

Changes in occupational risk indicators for a certain element of the logic-simulation model of a dangerous situation show how the risk of injury increases in the case of an intermediate and full impact of a dangerous factor (Table 2).

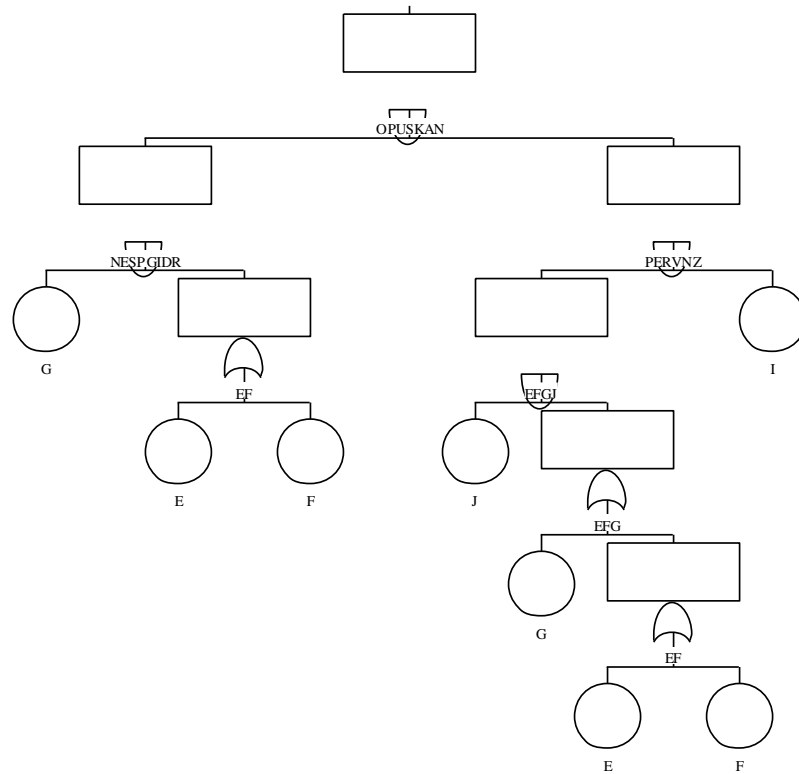


Fig. 2. Block diagram of the logic-simulation model of a dangerous situation "the sudden lowering of tractor hinged guns".

Table 1. Description of elements of the logic-simulation model of a dangerous situation.

Designation of elements (basic and intermediate events)	Description of elements (basic and intermediate events)	Default probability of basic events
E	The agrarian enterprise has not created a labour protection service	0,15
F	The company does not establish effective work on occupational safety (in particular, it does not conduct training and instruction on occupational safety issues, does not control the technical condition of machinery and equipment from the standpoint of their safety, do not assess the professional suitability of workers, etc.)	0,25
EF	Control over occupational safety at the enterprise is considered unsatisfactory	
G	Insufficient skill level and skills of mechanics	0,15
EFG	Violation of normative terms of technical inspection and maintenance of tractors	
J	The presence of cracks in the details of the site	0,2/0,45
EFGJ	Operation of a tractor with a defective hinged system	
I	The necessity of carrying out technological operations and inspections to eliminate defects in the work of the hinged system or other reasons that make the worker (machine operator) remain in the danger zone of lowering the tractor's hinged implements	0,25
PERVNZ	Occupation of a worker in a dangerous area of lowering a hinged gun	
OPUSKAN	Sudden lowering of the hinged gun	

Table 2. Risk Indicators for the logic-simulation model of a dangerous situation "the sudden lowering of tractor hinged guns".

Dangerous factor (action, event, situation)	Conditional characteristic of a dangerous factor - the relative number of cracks in the total array of investigated tractor parts	Calculated risk score, P	Change in the risk indicator in the presence of danger, times
J (presence of cracks in node details)	0,2	$2,998 \cdot 10^{-3}$	–
	0,45	$6,739 \cdot 10^{-3}$	2,25

From Table 2 shows that the risk of injury to workers as a result of the sudden lowering of the tractor's hinged gauge increases 2,25 times after reaching the critical fracture depth of the operation cracks in the details of the tractor hinged system.

The proposed method of assessment of danger prolonged use of mobile agricultural machinery can be used to develop professional risk classifier for mechanized agriculture. In contrast to the method of expert assessments and other qualitative methods of assessment of occupational hazards developed a quantitative method based on objective ratios that correlate to statistics of occupational injuries in storage and data on operational damage in a common set of parts unit. Especially important is not only the absolute values of statistical indicators, but their change in relative terms, as illustrated by the Table 2.

However, the proposed method will provide an objective assessment of changing occupational risk only when used defectoscopic modern equipment that allows you to find hidden defects (cracks) which can lead to sudden failure equipment and emergency situations that lead to accidents. Visual inspection applied to detection of visible damage and cracks, and instrumental control with a ruler or calipers to determine changes configuration and size (curved, torsion beating, warping, not perpendicular and other violations of mutual accommodation and surfaces of the axes) must recognize insufficient to detect all potentially dangerous defects in the array of parts agricultural machine.

The data on the increase of professional risk mechanized work can be used how for about acceptable level of risk using mobile agricultural machinery operating with damaged parts and structural elements, and for predicting the residual life of the unit after prolonged use.

The calculation results to assess the importance to create an emergency (dangerous) situation as machine operators erroneous actions of his level of training and physical and psychological state, and technological factors. Analyzing the importance of technical factors in the mechanism of dangerous situations, it is necessary to distinguish its two components – the constructional and operational directly affect the technical safety of the machine. Therefore, it is necessary to implement the logic simulation techniques at the design stage and testing of agricultural machinery, considering these methods as an important tool for reducing occupational risk mechanized.

Conclusions

1. A comprehensive method for assessing occupational risk for long-term exploitation of mobile agricultural machinery has been developed, taking into account the organizational (mechanics and machinery mistakes) and

technical (presence of operational damages of parts) factors. It has been shown that the construction of models of hazardous production situations should be based on the isolation of one (main) event, a truly dangerous situation and many prerequisites - erroneous actions of workers, technological failures and unfavourable external influences of the production environment.

2. Results of the calculation of the elements of the logic-simulation model of the process of traumatic situation allow to estimate the risk of injury to workers who operate mobile agricultural machinery, in particular as a result of accumulation of operational damage in the responsible parts of the nodes. The obtained values, which correspond to unacceptable occupational risk, should be the basis for observance of normative terms of passing of maintenance of mobile equipment and replacement of damaged parts.

References

1. *Bochkovskii A. A.* (2016). Theoretical aspects of the universalization of occupational risk assessment in occupational safety management systems. Collection of scientific works Bulletin of the LDU. Safety. No 14. 134-150.
2. *Predko V. O., Mishenina O. S., Strilets V. M.* (2014). Determining of the boundaries of applying existing methods for calculating of occupational risk. Problems of Emergencies: Collection of scientific works. 2014. Issue 19. 98-106.
3. *Khrupachev A. G.* (2011). Occupational risk. Theory and practice of calculation, Ed. A. G. Khrupacheva, A. A. Khadartseva. Tula. Publishing house of Tula State University. 2011. 330.
4. *Malyshev V. A., Nikitenko Yu. V.* (2013). Generalized methods of managing of technogenic risks in the enterprise. Bulletin of the Voronezh Institute of High Technologies. 2013. No 2. 129-134.
5. *Kozlitin A. M.* (2009). Theory and methods of risk analysis of complex technical systems: monograph. Saratov. Sarat. state. tech. university. 200.
6. *Piktushanskaya T. E.* (2009). Experience in using of the mathematical model in assessing a posteriori occupational risk. Occupational medicine and industrial ecology. No 12. 41-44.
7. *Ivanov V. I., Gulyaeva O. G.* (2009). Assessment of suitability for operation and monitoring of industrial risks at hazardous production facilities. Occupational safety in industry. No 5. 79-81.
8. *Timofeeva S. S.* (2016).. Modern methods for assessing of occupational risks and their significance in the OSH management system. XXI century. Technospheric security. No 1(1). 14-24.
9. *Petrovsky E. A., Gagina M. V.* (2015). Application of methods of Markov processes for modeling of reliability

and risk of oil and gas equipment. Proceedings of the International Symposium "Reliability and Quality": 2 vol. Penza: PSU. Vol. 2. 312-313.

10. *Meltser A. V., Kiselev A. V.* (2009). Hygienic rationale for combined risk assessment models. Occupational medicine and industrial ecology. No 4. 1-5.

11. *Gogitashvili G. G., Kaminsky V. F., Lapin V. M.* and others (2010).. Assessment of occupational risk in Ukrainian agricultural production. Bulletin of Agrarian Science. No 8. 53-55.

12. *Agnieszka Buczaj, Leszek Solecki.* (2010). Occupational risk assessment in agriculture. Lublin. Institute of medicine. 351.

13. *Averin G. V., Moskalets V. M.* (2008). Analysis of the state and safety of high-risk facilities in the metallurgical industry. Bulletin of Donetsk University. Series A. Natural Sciences. No 1. 324-332.

14. *Voinalovich O. V.* (2014). Analysis of the causes of accidents in agriculture in recent years. Problems of Occupational Safety, Industrial and Civil Security: A collection of materials for the Tenth All-Ukrainian Scientific and Methodological Conference (with the participation of students), Kyiv, May 13-15, NTUU "KPI". 33-38.

15. *Polyansky O. S., Voinalovich O. V., Motrich M. M.* (2018). Estimation of the risk of exploitation of agricultural aggregates according to the data of defectoscopy. Bulletin of the Kharkiv National Technical University of Agriculture. Petro Vasilenko. Issue 190. 185-192.

16. *Begun V. V.* (2009). Security monitoring based on the analysis of probabilistic structural and logical production models. Modeling and Information Technologies: Sb. sciences works. Kiev. IPEM. G. E. Pukhov. Issue 52. 17-26.

17. *Hnatiuk O. A., Begun V. V.* (2012). Modeling of the influence of dangerous industrial factors on the safety indices of machine-tractor aggregates in the conditions of agro-industrial production by probabilistic methods. Techno-technological aspects of development and testing of new technology and technologies for agriculture in Ukraine: a collection of scientific works. DNU UkrN-DIPVT after L. Pogorelogo. Vol. 16 (30). T. 2. 81-96.

Список літератури

1. *Бочковський А. А.* Теоретичні аспекти універсалізації оцінки професійного ризику в системах управління охороною праці. Збірник наукових праць Вісник ЛДУ. БЖД. 2016. № 14. С. 134-150.

2. *Предко В. О., Мішеніна О. С., Стрілець В. М.* Визначення границь застосування існуючих методів розрахунку професійного ризику. Проблеми надзвичайних ситуацій: Збірка наукових праць. 2014. Випуск 19. С. 98-106.

3. *Хрупачев А. Г.* Профессиональный риск. Теория и практика расчета. Под ред. А. Г. Хрупачева, А. А. Хадарцева. Тула: Изд-во ТулГУ. 2011. 330 с.

4. *Мальшев В. А., Никитенко Ю. В.* Обобщенная методика управления техногенными рисками на предприятии. Вестник Воронежского института высоких технологий. 2013. № 2. С. 129-134.

5. *Козлитин А. М.* Теория и методы анализа рисков сложных технических систем: монография. Саратов: Саратов. гос. техн. ун-т. 2009. 200 с.

6. *Пиктушанская Т. Е.* Опыт использования математической модели при оценке апостериорного профессионального риска. Медицина труда и промышленная экология. 2009. № 12. С. 41-44.

7. *Иванов В. И., Гуляева О. Г.* Оценка пригодности к эксплуатации и мониторинг промышленных рисков на опасных производственных объектах. Безопасность труда в промышленности. 2009. № 5. С. 79-81.

8. *Тимофеева С. С.* Современные методы оценки профессиональных рисков и их значение в системе управления охраной труда. XXI век. Техносферная безопасность. 2016. № 1(1). С. 14-24.

9. *Петровский Э. А., Гагина М. В.* Применение методов Марковских процессов для моделирования надежности и риска оборудования нефтегазового комплекса. Труды Международного симпозиума «Надежность и качество»: в 2 т. Пенза: ПГУ. 2015. 2 т. С. 312-313.

10. *Мельцер А. В., Киселев А. В.* Гигиеническое обоснование комбинированных моделей оценки профессионального риска. Медицина труда и промышленная экология. 2009. № 4. С. 1-5.

11. *Гогіташвілі Г. Г., Камінський В. Ф., Ланін В. М* та ін. Оцінювання професійного ризику в галузях сільськогосподарського виробництва України. Вісник аграрної науки. 2010. № 8. С. 53-55.

12. *Oscena ryzyka zawodowego w rolnictwie.* Praca zbiorowa pod redakcją Agnieszki Buczaj, Leszka Soleckiego. Lublin, Instytut medycyny wsi. 2010. 351 p.

13. *Аверин Г. В., Москалец В. М.* Анализ состояния и безопасности объектов повышенной опасности металлургической отрасли. Вестник Донецкого университета. Серия А. Естественные науки. 2008. № 1. 324-332.

14. *Войналович О. В.* Аналіз причин нещасних випадків у сільському господарстві за останні роки. Проблеми охорони праці, промислової та цивільної безпеки: Збірник матеріалів Десятої Всеукраїнської науково-методичної конференції (з участю студентів), м. Київ, 13-15 травня 2014 р. К.: НТУУ "КПІ". 2014. С. 33-38.

15. *Полянський О. С., Войналович О. В., Мотрич М. М.* Оцінювання небезпеки експлуатації сільськогосподарських агрегатів за даними дефектоскопії деталей. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. 2018. Випуск 190. С. 185-192.

16. *Бегун В. В.* Моніторинг безпеки на основі аналізу ймовірнісних структурно-логічних моделей виробництва. Моделирование та інформаційні технології: зб. наук. праць. К.: ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова. 2009. Вип. 52. С. 17-26.

17. *Гнатюк О. А., Бегун В. В.* Моделирование влияния небезопасных производственных факторов на показатели безопасности машинно-тракторных агрегатов в условиях агропромышленного производства вероятностными методами. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського гос-

подарства України: збірник наукових праць. ДНУ УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. Дослідницьке. 2012. Вип. 16 (30). Кн. 2. С. 81-96.

ЙМОВІРНІСНИЙ МЕТОД АНАЛІЗУ СТУПЕНЮ НЕБЕЗПЕКИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТРАКТОРІВ НА ЗАСАДАХ ДАНИХ ДЕФЕКТОСКОПІЇ ДЕТАЛЕЙ

*О. В. Войналович, О. А. Гнатюк, Л. Л. Тітова,
О. Г. Поліщук*

Анотація. Виконаний аналіз літературних джерел показав, що використовувані методи оцінювання професійного ризику здебільшого намагаються врахувати ризик помилкових дій працівників (операторів), залишаючи поза увагою технічний стан машин та критичність накопичення дефектів протягом тривалої експлуатації, що може призвести до аварійних ситуацій та нещасних випадків. У даній роботі запропоновано комплексний метод оцінювання професійного ризику з урахуванням впливу «організаційного» та «технічного» чинників, як основи для прогнозування залишкового, безпечного для працівників ресурсу машин, зокрема, методику розрахунку професійних ризиків для різних видів механізованих робіт у сільському господарстві з використанням колісних тракторів.

Як базові події розглядали організаційні причини виробничого травматизму, зокрема порушення вимог охорони праці механізаторами і керівниками робіт, та технічні несправності вузлів тракторів, зумовлені виникненням і поширенням експлуатаційних тріщин у відповідальних деталях. Загальна сума ймовірностей базових подій має дорівнювати одиниці.

Ймовірності базових подій, що відповідають організаційним причинам, задавали згідно з відомими статистичними показниками виробничого травматизму в агропромисловому комплексі, а ймовірності настання технічних несправностей – залежно від тривалості експлуатації трактора відповідно до збільшення відносної кількості тріщин у загальному масиві досліджуваних деталей трактора.

Як приклад використання розробленого методу в даній роботі представлено розрахунок ймовірності настання травмонебезпечної ситуації на механізованих роботах – внаслідок раптового опускання навісного знаряддя трактора, в деталях якого можуть виникнути і поширитися експлуатаційні тріщини. Розрахунок виконано для випадків докритичного і критичного накопичення експлуатаційних тріщин у масиві досліджуваних відповідальних деталей трактора.

Ключові слова: професійний ризик, експлуатаційні тріщини, дефектоскопія, механізовані роботи.

ВЕРОЯТНОСТНЫЙ МЕТОД АНАЛИЗА СТЕПЕНИ ОПАСНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТРАКТОРОВ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ДЕФЕКТОСКОПИИ ДЕТАЛЕЙ

*А. В. Войналович, О. А. Гнатюк, Л. Л. Тітова,
А. Г. Поліщук*

Аннотация. Выполненный анализ литературных источников показал, что используемые методы оценки профессионального риска в основном пытаются учесть риск ошибочных действий работников (операторов), оставляя без внимания техническое состояние машин

и критичность накопления дефектов при длительной эксплуатации, что может привести к аварийным ситуациям и несчастным случаям. В данной работе предложен комплексный метод оценки профессионального риска с учетом влияния «организационного» и «технического» факторов, как основы для прогнозирования остаточного, безопасного для работников ресурса машин, в частности, методику расчета профессиональных рисков для различных видов механизированных работ в сельском хозяйстве с использованием тракторов.

Как базовые события рассматривали организационные причины производственного травматизма, в том числе нарушения требований охраны труда механизаторами и руководителями работ, и технические неисправности узлов тракторов, обусловленные возникновением и распространением эксплуатационных трещин в ответственных деталях. Общая сумма вероятностей базовых событий должна быть равна единице.

Вероятности базовых событий, соответствующих организационным причинам, задавали согласно известным статистическим показателям производственного травматизма в агропромышленном комплексе, а вероятности наступления технических неисправностей – в зависимости от продолжительности эксплуатации трактора в соответствии с увеличением относительного количества трещин в общем массиве исследуемых деталей трактора.

В качестве примера использования разработанного метода в данной работе представлен расчет вероятности наступления травмоопасной ситуации на механизированных работах – в результате внезапного опускания навесного устройства трактора, в деталях которого могут возникнуть и распространиться эксплуатационные трещины. Расчет выполнен для случаев докритического и критического накопления эксплуатационных трещин в массиве исследуемых ответственных деталей трактора.

Ключевые слова: профессиональный риск, эксплуатационная трещина, дефектоскопия, механизированные работы.

Voinalovych O. V. ORCID 0000-0002-9321-2672.

Hnatiuk O. A. ORCID 0000-0002-6866-3674.

Titova L. L. ORCID 0000-0001-7313-1253.

Polischuk O. G. ORCID 0000-0002-8435-2876.

UDC 614.82

NORMATIVE REGULATION OF EMPLOYMENT OF STUDENTS ON DAY STUDYING FORM

L. E. Piskunova, T. O. Zubok, B. V. Kislytsky

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

Corresponding authors: voynalov@bigmir.net.

Article history: Received: March 2019. Received in the revised form: April 2019. Accepted: May 2019.
Bibl. 23, fig. 0, tabl. 0

Abstract. Some of the most widespread situations are discussed, which in practice often raise the question: to take a student of full-time part-time or consider the company as the main place of his work, who and how will conduct a work book. During studying between full-time students and educational institutions, there is no employment relationship and no employment contract. Therefore, such training is not the main work of the student. Minor student workers have the same labor rights and responsibilities as other employees.

Key words: the Labor Code of Ukraine, the State Department for Labor Legislation Supervision, the Instruction on the procedure for conducting labor books, labor legislation, work under an employment contract, a work book, a combination of work, a monetary expression, the employment of minors.

Introduction

Human life is inextricably linked with learning. The latest technologies, which are constantly being introduced into production, the development of science and technology, put forward rigorous requirements for the education and qualification of modern workers.

Formulation of problem

Today the situation when a student begins to work before the end of an educational institution or an employee of an enterprise obtains education or increases qualification without leaving the production is already a norm. Also, considering the socio-economic situation in the country, when parents are no longer able to help children-students, young people are forced to seek for a work. And more and more often there are issues of a law nature regarding the regulation of labor relations with students who combine work with study. The proper execution of documents, observance of the right to privileged working conditions, determined by the current legislation, is the key to the successful acquisition by an employee of a proper education. It should be noted here that it is not always a cursory reading of the provisions of normative acts that makes it possible to understand how the employer should act in order to ensure the right of an employee to education.

Purpose of research

The purpose of the paper is to consider some of the most common situations, which in practice often raise questions. It is connected with an explanation regarding the normative regulation of the employment of full-time undergraduate students, which existed during the last ten years.

Results of research

The first question that arises immediately is to take a student of full-time for a part-time or consider the company as the main place of his work. The question is fundamental, as it is related to the conduction of a work book.

The clarifications provided by the State Department for the Supervision of Compliance with Labor Law have changed year by year. In its letter dated August 8, 2002 No. 010-777, the Department substantiates the position that full-time students can be hired only on a conditional basis. This opinion is based on the Law of Ukraine "On Employment of the Population" of March 1, 1991, No. 803-XII, stipulating that persons studying at secondary schools and higher educational establishments are in work persons.

Based on the latest explanations of the normative regulation of the employment of day-care students, conclusions can be drawn.

The current labor law does not contain a definition of the concept of the main place of work or part-time work. However, the work of a student who attends full-time study forms can not be considered as part-time. As for full-time students, during the training between them and educational institutions there is no employment relationship and no employment contract. Therefore, such training is not the main work of the student.

Minor student workers have the same labor rights and responsibilities as other employees. However, when employing first-year students, employers must monitor whether there are among them minors who need to have special employment and labor requirements.

The first question that arises immediately is to take a student of full-time study for a part-time work or to consider the company as the main place of his work. The question is fundamental, since it is connected with the conduct of the labor book (or work book), and the Code of Labor Laws of Ukraine (hereinafter - the Labor Code) not

only does not give a concrete answer, but does not mention it at all.

Clarifications provided by the State Department for the Supervision of Compliance with the Labor Law (hereinafter - the Department) changed year by year. Thus, in its letter dated August 8, 2002 No. 010-777, the Department substantiates the position that full-time students can be hired only on a conditional basis. This opinion is based on such considerations.

The Law of Ukraine "On Employment of the Population" of March 1, 1991, No. 803-XII stipulates that persons studying in secondary schools and higher educational establishments are in work persons.

According to Part 1 of Article 48 of the Labor Code, the main document confirming the work of an employee is his work book. Precisely where the work book is handled, it is clear is it the main place of work of an employee or the place of his work on terms of a combination. In this case, the fact of receiving or not receiving remuneration for the performance of certain duties is not taken into account.

Part 2 of Article 24 of the Labor Code stipulates that when entering into an employment contract a citizen is obliged to submit a passport or other document certifying a person, a work book, and in cases stipulated by the legislation - also a document on education (specialty, qualification), the status health and other documents.

In accordance with the clause 1.4 of the Instruction on the procedure for conducting labor records of workers approved by the order of the Ministry of Labor of Ukraine, the Ministry of Justice of Ukraine, the Ministry of Social Protection of the Population of Ukraine of July 29, 1993 No. 58 (hereinafter referred to as the Instruction), persons who are first employed and not have a work book, must present a passport, diploma or other document on education or vocational training, that is, a document confirming the fact of completion of the training process. The certificate about the fact of studying at an educational institution is not a document about education, as it does not certify the completion of the educational process, that is deductions from the educational institution.

A full-time student can not present a certificate of education, because he is kept in his personal affairs, which is conducted by an educational institution. Consequently, the employer can not arrange him a work book, that is, he can not conclude an employment contract with a principal employee.

However, in a letter dated August 20, 2003, No. 013-1229-22, the Department determines that the recruitment of students in the field offices of higher educational institutions is not a combination. Thus, the enterprise is considered to be the main place of work of the student, and the conduct of a work book should be carried out on a general basis. Another argument in favor of the student's registration as a main place of work may be the resolution of the Plenary Session of the Supreme Court of Ukraine "On the Practice of the Use by the Courts of the Law on the Payment of Labor" of December 24, 1999, No. 13, the third paragraph of paragraph 14 of which states: "Work under an employment contract of persons, who combine it with a full-time form of study, are not part-time and paid for on a general basis." However, the Department expressed the opinion that this resolution does not have the status of normative legal act, and the action of paragraph 14, based

on the name of the ruling, extends to the issue of remuneration, rather than the employment contracts with persons who combine work with full-time education.

The question would not be so ambiguous if universities were obliged to keep work books (if any) or to open them to students who did not have a seniority before entering the university. Therefore, each educational institution decides the question about presentation of a work book: some require it from the students (if any), while others are not interested at all whether the student worked before entering the university and whether he has a work record.

Based on the latest explanations, normative regulation of employment of full-time students, we can draw conclusions.

Article 43 of the Constitution of Ukraine defines the right of every citizen to work, including the possibility of earning for a living by some work, which he freely chooses or freely agrees to. In accordance with Article 2 of the Labor Code, the state guarantees the right of citizens to work. For the work performed by the employee (citizen), the owner or his authorized body pays his salary - a remuneration, calculated, as a rule, in monetary terms (Article 94 of the Labor Code, Article 1 of the Law "On Labor" dated March 24, 1995, No. 108/95 -BR).

In sp. 7 clause 1 of Art. 1 Law of Ukraine "On Employment of the Population" dated 05.07.2012 No. 5067-VI (hereinafter - the Law № 5067-VI) stipulates that employment is not prohibited by the law the activities of persons connected with the satisfaction of their personal and social needs in order to receive income (wages) in monetary or other form. And according to Part 1 of Art. 4 Publication No. 5067-VI also covers the number of full-time students enrolled in higher education and combines studying with the work. In addition, the Law of Ukraine "On Education" dated May 23, 1991 No. 1060-XII (Part 14, Clause 1, Article 51) and the Law of Ukraine "On Higher Education" dated July 1, 2014, No. 1556-VII (clause 3, p. 1 item 62) students have the right to work in accordance with the established procedure at extra-curricular time.

The current labor law does not contain a definition of the concept of the main place of work or part-time work. However, the work of a student who attends full-time study forms cannot be considered as part-time. After all, in accordance with clause 1 of the Regulations on the conditions of work of the part-time employees of state enterprises, institutions and organizations, approved by a joint order of the Ministry of Labor, Ministry of Justice and the Ministry of Finance of 28.06.1993 number 43, part-time is considered to be, except employees main, other regular paid work on the terms of an employment contract, the time off from the main work at the same enterprise, institution, organization or citizen (entrepreneur, private person) for hire.

The right to work of an employee is realized through the conclusion of an employment contract on work in an enterprise, an institution, an organization or an individual (Article 2 of the Labor Code). As for full-time students, during the studying, between them and educational institutions there is no employment relationship and no employment contract. Therefore, such studying is not the main work of the student. Consequently, his work (in the

case of employment) cannot be regarded as being performed in addition to his main work, that is, a combination. In addition, the position that the work of an employment contract of persons who combine it with a full-time form of study is not a part-time, is set forth in the letter of the Ministry of Social Policy from 05/25/2015 № 198/06 / 186-15. It actually referred to paragraph 3 of paragraph 14 of the Verkhovna Rada of Ukraine "On the Practice of the Use of Labor Legislation by the Courts" of December 24, 1999, No. 13, which stipulates that work under an employment contract of persons who combine it with a full-time form of study, is not part-time and is paid on a general basis. The same position is set out in the letter of the Ministry of Social Policy of Ukraine dated July 25, 2014 № 301/13 / 116-14 concerning the recruitment of students. It states, in particular, that labor laws do not provide restrictions on the combination of university students, including those studying in full-time forms of study, work and education. Therefore, the employer has the right to employ such employees, including on a full-time basis. Consequently, the work through an employment contract of persons who combine it with full-time education is not a part-time job, and therefore involves keeping a work record in accordance with the general procedure and is the main place of work for such persons.

We want to stay isolated on the employment of minors. Students-workers have the same labor rights and responsibilities as other employees. However, when employing first-year students, employers must monitor whether there are among them minors who need to have a special employment and labor requirements. The work of minors, namely persons under the age of 18, is regulated, in particular, by the norms of Art. 187-200 Labor Code. When hiring a specified category of employees should be taken into account that Art. 51 Labor Code provides the establishment of a shorter working hours (36 hours per week) for workers, including students aged 16 to 18 years, as well as those employed in work with harmful and difficult working conditions. At the same time, it should be noted that a student who studies in a permanent (special) department of an educational institution can perform his / her duties only during his / her free time: on weekdays - after classes (in the evening or during "windows" in the schedule of classes), on weekends or during the holidays.

Conclusions

Students who are studying on an individually defined schedule must make sure that there is no "overlap" with the time of individual studying or examinations. In Part 1 of Art. 56 of the Labor Code defines that an agreement between the employee and the owner or the body authorized by him may be established both during hiring and subsequently part-time or part-time working weeks, and in Part 2 of this article it is established that wages in these cases is carried out in proportion to the time worked or depending on the output. That is, the mode of work of students will depend on the schedule of studying, and the payment of labor - on the duration of the performance of the labor duties.

References

1. The Law of Ukraine "On Occupational Safety" in the wording of November 21, 2002.
2. The Law of Ukraine "On Compulsory State Social Insurance against Accident at Work and Occupational Disease that Caused Disability".
3. Legislation of Ukraine on labor protection (a collection of normative documents., 4 t. - K .: State Committee of Ukraine for Supervision of Labor Protection, Osnova, 1995.
4. The Law of Ukraine "On Education" No. 1060-XII of 23.05.1991 (subparagraph 14, paragraph 1, Article 51) and the Law of Ukraine "On Higher Education" dated July 1, 2014, No. 1556-VII (paragraph 3 of clause 1 Article 62)
5. Law of Ukraine "On Employment of the Population" of 1 March 1991 No. 803-XII.
6. Article 15 of the Law of Ukraine "On Vacations" dated November 15, 1996 No. 504/96-VR).
7. The Code of Labor Laws of Ukraine (Revision of 10.11.2018, basis -2542-VIII). (Article 2, Part 2 of Article 24, Articles 38, 39, 40, Part 1, Article 48, Article 50, Article 51, Part 1, Article 56, Article 94, Article 187- 200; st.201-204;) st.216-217; p.6 pp. 1 pp. 232; Part 6 of the Art. 235,238.
8. Art. 1 3Y "About payment of labor" dated March 24, 1995, № 108/95-BP).
Part 1 of Art. 4 lesson № 5067-VI
9. pp. 7 clause 1 of Art. 1 Law of Ukraine "On Employment of the Population" dated 05.07.2012 No. 5067-VI (hereinafter - the Law № 5067-VI)
10. Letter of the Ministry of Social Policy of 05.05.2015 № 198/06 / 186-15.
11. Letter of the Ministry of Social Policy of Ukraine dated July 25, 2014 № 301/13 / 116-14
12. Letter from the State Department for Supervision of Compliance with the Labor Law of August 8, 2002, No. 010-777.
13. Clause 1.4. Instruction on the procedure for conducting work books of workers (approved by the order of the Ministry of Labor of Ukraine, Ministry of Justice of Ukraine, Ministry of Social Protection of the Population of Ukraine dated July 29, 1993 No. 58)
14. Letter from the State Department for Supervision of Compliance with the Labor Law of August 20, 2003 No. 013-1229-22
15. Resolution of the Plenary Session of the Supreme Court of Ukraine "On the Practice of the Application by the Courts of Labor Payments Legislation" of December 24, 1999, No. 13.
16. Part 3, Clause 14 of the Resolution of the Supreme Court of Ukraine "On the Practice of the Use by the Courts of the Law on Remuneration of Work" of December 24, 1999, No. 13.
17. Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated 28 June 1997. No. 634 "On Approval of the Procedure, Duration and Conditions for the Provision of Annual Vacations for Workers Studying at Higher Educational Institutions with Evening and Extramural Forms of Education, where the educational process has its own peculiarities"
18. State sanitary norms and rules "Hygienic classification of labor on the indicators of harmfulness and

danger factors of the production environment, the severity and intensity of the labor process", approved by the order of the Ministry of Health of Ukraine from 08.04.2014 number 248.

19. Order of the Ministry of Health of Ukraine of 25.05.2006 № 319.

20. Order of the Ministry of Labor and Social Policy of Ukraine dated March 23, 2001 №122

21. The procedure for the certification of workplaces under the terms of work, approved by the Cabinet of Ministers of Ukraine from 01.08.92, No. 442.

22. https://www.sop.com.ua/article/654-triandid-robochogo-chasu?utm_source=Email&utm_medium=letternews&utm_campaign=letternews_SOP02032018&ustp=F

23. Fundamentals of labor protection: the textbook / Zaporozhets O.I.; ed. prof. OI Zaporozhets - Kyiv: Publishing Center of the Central Library, 2018. 264 p.

Список літератури

1. Закон України "Про охорону праці" в редакції від 21 листопада 2002 р.

2. Закон України "Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування від нещасного випадку на виробництві та професійного захворювання, які спричинили втрату працездатності".

3. Законодавство України про охорону праці (збірник нормативних документів. У 4 т. - К.: Держнагляд охорони праці; Основа, 1995.

4. Законом України «Про освіту» від 23.05.1991 № 1060-ХІІ (ч. 14 п. 1 ст. 51) та Законом України «Про вищу освіту» від 01.07.2014 № 1556-VII (пп. 3 п. 1 ст. 62)

5. Законом України «Про зайнятність населення» від 1 березня 1991 р. № 803-ХІІ

6. ст. 15 Закону України «Про відпустки» від 15 листопада 1996 р. № 504/96-ВР).

7. Кодекс законів про працю України (Редакція від 11.10.2018, підстава - 2542-VIII)

(ст. 2; ч. 2 ст. 24; ст. 38, 39, 40; ч. 1 ст. 48; ст. 50; ст. 51; ч. 1 ст. 56; ст. 94; ст. 187–200; ст. 201–204;) ст. 216–217; п. 6 ч. 1 ст. 232; ч. 6 ст. 235, 238.

8. ст. 1 ЗУ «Про оплату праці» від 24.03.1995 № 108/95-ВР).

ч. 1 ст. 4 ЗУ № 5067-VI

9. пп. 7 п. 1 ст. 1 ЗУ «Про зайнятність населення» від 05.07.2012 № 5067-VI (далі – ЗУ № 5067-VI)

10. Лист Мінсоцполітики від 25.05.2015 № 198/06/186-15.

11. Лист Мінсоцполітики від 25.07.2014 № 301/13/116-14

12. Лист Державного департаменту нагляду за додержанням законодавства про працю від 8 серпня 2002 р. № 010-777.

13. п. 1.4 Інструкція про порядок ведення трудових книжок працівників (затвердженої наказом Міністерства праці України, Міністерства юстиції України, Міністерства соціального захисту населення України від 29 липня 1993 р. № 58)

14. Лист Державного департаменту нагляду за додержанням законодавства про працю від 20 серпня 2003 р. № 013-1229-22

15. Постанова Пленуму Верховного Суду України «Про практику застосування судами законодавства про оплату праці» від 24 грудня 1999 р. № 13.

16. ч.3 п.14 постанови Верховного Суду України «Про практику застосування судами законодавства про оплату праці» від 24.12.1999 № 13.

17. Постанова Кабінету Міністрів України від 28 червня 1997 р. № 634 «Про затвердження Порядку, тривалості та умов надання щорічних відпусток працівникам, які навчаються у вищих навчальних закладах з вечірньою та заочною формами навчання, де навчальний процес має свої особливості»

18. Державні санітарні норми та правила «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу», затверджені наказом МОЗ України від 08.04.2014 № 248.

19. Наказ Міністерства охорони здоров'я України від 25.05.2006 № 319.

20. Наказ Міністерства праці та соціальної політики України від 23.03.2001 №122

21. Порядок проведення атестації робочих місць за умовами праці, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 01.08.92 № 442.

22. https://www.sop.com.ua/article/654-trivalst-robochogo-chasu?utm_source=Email&utm_medium=letternews&utm_campaign=letternews_SOP02032018&ustp=F.

23. Основи охорони праці: підручник /Зaporozhets O.I.; за ред. проф. О.І. Запорожця. Київ: Видавничий центр ЦУЛ, 2018. 264 с.

НОРМАТИВНЕ РЕГУЛЮВАННЯ ПРАЦЕВЛАШТУВАННЯ СТУДЕНТІВ, ЩО НАВЧАЮТЬСЯ НА ДЕННОМУ ВІДДІЛЕННІ

Л. Е. Піскунова, Т. О. Зубок, Б. В. Кислицький

Анотація. Розглянуто кілька поширених ситуацій, які на практиці найчастіше викликають питання: приймати студента денної форми за сумісництвом, вважати підприємство основним місцем його роботи, хто і як буде вести трудову книжку. Під час навчання між студентами денної форми навчання та навчальними закладами не виникають трудові відносини і не укладається трудовий договір. Тому таке навчання не є основною роботою студента. Неповнолітні студенти-працівники мають такі ж трудові права і обов'язки, як і інші працівники.

Ключові слова: Кодекс законів про працю України, Державний департамент нагляду за додержанням законодавства про працю, Інструкції про порядок ведення трудових книжок, трудове законодавство, робота за трудовим договором, трудова книжка, сумісництво, грошовий вираз, працевлаштування неповнолітніх.

НОРМАТИВНОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ
РАБОТОУСТРОЙСТВА СТУДЕНТОВ, КОТОРЫЕ
УЧАТСЯ НА ДНЕВНОМ ОТДЕЛЕНИИ

Л. Е. Пискунова, Т. О. Зубок, Б. В. Кислицкий

Аннотация. Рассмотрены несколько распространённых ситуаций, которые на практике чаще всего вызывают вопрос: принимать студента дневной формы по совместительству, считать предприятие основным местом его работы, кто и как будет вести трудовую книжку. Во время учёбы между студентами дневной формы обучения и учебными заведениями не возникают трудовые отношения и не заключается трудовой договор. Поэтому такое обучение не является основной работой студента. Несовершеннолетние студенты-работники имеют такие же трудовые права и обязанности, как и другие работники.

Ключевые слова: Кодекс законов о труде Украины, Государственный департамент надзора за соблюдением законодательства о труде, Инструкции о порядке ведения трудовых книжек, трудовое законодательство, работа по трудовому договору, трудовая книжка, совместительство, денежное выражение, трудоустройство несовершеннолетних.

L. E. Piskunova ORCID 0000-0002-0317-7683.

T. O. Zubok ORCID 0000-0003-2612-6077.

B. V. Kislytsky ORCID 0000-0003-0636-4748.

УДК 624.236

КОНЦЕПТУАЛЬНІ ОСНОВИ СУЧАСНОЇ ТЕОРІЇ РУЙНУВАННЯ ҐРУНТІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ. КОНТЕНТ-АНАЛІЗ ТА КРИТИЧНИЙ ПОГЛЯД НА ТЕОРІЮ АКАДЕМІКА В. Л. БАЛАДІНСЬКОГО

Ю. В. Човнюк, Ю. О. Гуменюк, І. М. Сівак

Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна.

Кореспонденція авторів: sivakim@ukr.net.

Історія статті: отримано – січень 2018, акцентовано – травень 2019.

Бібл. 6, рис. 8, табл. 0.

Анотація. Проведений критичний контент - аналіз теорії академіка В. Л. Баладіньського, у якій викладені основи сучасної теорії руйнування ґрунтів і гірських порід. На відміну від діючих теорій, ця теорія у лінійному наближенні враховує тривалість руйнування, енергію та швидкість навантаження, швидкість хвиль деформації у масиві й зміну властивостей ґрунтів при навантаженнях. При таких пружних коливаннях ці рівняння, що описують динамічні процеси у ґрунтах, які руйнуються, є лінійними, а при скінченних залишкових деформаціях – нелінійні. Крім того, вказана вище теорія В.Л. Баладіньського лише у першому наближенні враховує вплив фронту хвилі (точніше, форми цього фронту), яка утворюється у процесі руйнування оброблюваного ґрунту. Проте розвинутий підхід визначає теж напруги між робочим органом і фронтом хвилі й може бути використаний для оцінки швидкості розповсюдження тріщин при руйнуванні ґрунту. Це дозволяє, у свою чергу, визначити режимні та конструктивні параметри одно – та багатоеlementних робочих органів землі – (ґрунтообробних машин, котрі використовуються у сільському господарстві, виходячи із необхідних об'ємів руйнування ґрунту.

Ключові слова: концепція, основи, теорія, руйнування, ґрунти сільськогосподарського призначення, контент-аналіз, критичні погляди, теорія академіка В. Л. Баладіньського.

Постанова проблеми

Раніше процес руйнування ґрунтів (у т.ч. сільськогосподарського призначення – ГСП) розглядався тільки у зоні контакту робочого органу (РО) з ґрунтом, обумовленого глибиною входження (δ) РО у ґрунт, без урахування деформованої зони перед РО, в якій розповсюджується тріщини і з'являються осередки зрунтованої частини масиву (рис. 1). Швидкість розповсюдження хвиль деформацій U в цій зоні не враховувалась.

Другим параметром, що не приймався до уваги, є тривалість руйнування t -час від початку навантаження до сколу ґрунту. Відсутність тривалості руйнування у

різних межах методах розрахунку сил опору ґрунту не дозволяє оцінювати різні за швидкістю робочі процеси, енергоємність повільних і швидкопливних методів руйнування. Сама швидкість V_0 РО в окремих розрахунках оцінювалась коригуючими коефіцієнтами, що не відповідає реакції різних ґрунтів на швидкість навантаження. І зовсім неприпустимими у світі сучасних уявлень є ігнорування зміною фізико-механічних властивостей під дією різних за швидкістю навантажень.

Густина ґрунту ρ , пористість n , зчеплення c , вологість w , коефіцієнт внутрішнього (φ) і зовнішнього тертя (f) під дією повільних і швидкопливних процесів змінюються із зміною не тільки швидкості, а також і енергії навантаження.

У всіх без винятку попередніх методах розрахунку навантажень на РО при руйнуванні ґрунтів розглядається практично один вид навантажень – постійна діюча, без будь-яких коливань, сила, так зване «силове» різання.

У той же час процес руйнування складається з безліч сколів, які змінюються від нульової або близької до неї величини до максимальної, що відповідає границі міцності ґрунтів, яка залежить від умов навантаження і форми РО.

З іншого боку, великий клас землерийної техніки та ґрунтообробних машин, як будівельної, гірничої, меліоративної, так і сільськогосподарської і спеціальної, працює на принципах ударного, вібраційного, вибухового, теплового чи комбінованих принципах, що потребує врахування умов руйнування не тільки при навантаженні, але і при швидкому зніманні навантаження з масиву ґрунту.

Роботи академіка В.Л. Баладіньського та інших вчених дозволяють врахувати реальні умови процесу руйнування і зняти ті обмеження, що були прийняті у попередніх дослідженнях.

Проте, для узагальнення, корекції та вдосконалення теорії руйнування ґрунтів і гірських порід академіка В. Л. Баладіньського слід спочатку провести її детальний та всебічний аналіз з критичної точки зору.

Підрахувавши похідні:

$$\frac{\partial y}{\partial t} = \frac{1}{t} \cdot z \cdot \frac{dy}{dz}; \frac{\partial y}{\partial x} = \frac{1}{x} \cdot z \cdot \frac{dy}{dt}$$

Розв'язок першого рівняння системи (15)

відносно V(t) має вид:

$$V(z) = V^* \cdot \left[\int_{z_0}^z \left(\frac{z}{\rho V^*} \right) \cdot \frac{d\rho}{dz} dt + C_1 \right], \quad (15^*)$$

де: V* - розв'язок відповідного однорідного рівняння; C₁ - довільна стала величина.

Для V* маємо рівняння:

$$V^* = \exp \left\{ - \int_{z_0}^z \left(\frac{1}{\rho} \cdot \frac{d\rho}{dz} + \frac{v}{z} \right) dz \right\} = \frac{1}{z^{v \cdot \rho}}, \quad (15^{**})$$

Звідки:

$$V(z) = \frac{1}{z^{v \cdot \rho}} \cdot \left[\int_{z_0}^z \left(z^{v+1} \cdot \frac{d\rho}{dz} \cdot dz + C_1 \right) \right], \quad (15^{***})$$

де: Z₀ = $\frac{V_0 \cdot t}{t} = V_0$.

Стала C₁ визначається за умови V(t₀) = V₀, таким чином:

$$V_0 = \frac{C_1}{z_0^v \cdot \rho_s}, C_1 = V_0^{v+1} \cdot \rho_s. \quad (15^{****})$$

У останніх виразах ρ_s = ρ(z₀) – величина густини на поверхні S робочого органу (РО).

Звідси:

$$V(z) = \frac{1}{z^{v \cdot \rho}} \cdot \left[\left(\int_{z_0}^z z^{v+1} \cdot \frac{d\rho}{dz} \cdot dz + V_0^{v+1} \cdot \rho_s \right) \right]. \quad (16)$$

Інтегруючи по частинам рівняння (16), одержимо:

$$V(z) = z \cdot \frac{(v+1)}{(z^v \cdot \rho)} \cdot \int_{z_0}^z (\rho \cdot z^v) dz. \quad (17)$$

Якщо ρ = const, тоді: V(z) = V₀ · $\left(\frac{V_0 \cdot t}{x}\right)^v$, що відповідає розв'язку (12).

Для швидкості V(z) формули (17) одержимо їх оцінки, якщо відомі найбільше ρ_{max} і найменше ρ_{min} значення густини.

Верхня оцінка: $V(z) = z \cdot \frac{(v+1)}{(z^v \cdot \rho)} \cdot \int_{z_0}^z (\rho \cdot z^v) dz \leq z - \frac{\rho_{min}}{\rho_{max}} \cdot \left(z - \frac{V_0^{v+1}}{z^v} \right) = V_B(z)$.

Нижня оцінка має вигляд: $V(z) \geq z - \frac{\rho_{max}}{\rho_{min}} \cdot \left(z - \frac{V_0^{v+1}}{z^v} \right) = V_H(z)$.

Окремо розглянемо випадки для плоского (V=0), циліндричного (V=1) і сферичного (V=2) рухів.

Плоский рух: позначимо верхні та нижні оцінки

$$K_B = \frac{\rho_{max} - \rho_{min}}{\rho_{max}}, K_H = \frac{\rho_{min} - \rho_{max}}{\rho_{min}}$$

Тоді: $V_B(z) = K_B \cdot z + \frac{\rho_{min} \cdot V_0}{\rho_{max}}; V_H(z) = K_H \cdot z +$

$$\frac{\rho_{max} \cdot V_0}{\rho_{min}}$$

Графіки функцій V_H та V_B є прямими, кут між якими α → 0 при ρ_{max}/ρ_{min} → 1 (рис.4). Це свідчить про те, що V(z)=V₀, якщо густина ґрунту стала або практично стала (на рис.4 область розв'язку заштрихована).

Циліндричний рух:

$$V_B(z) = K_B \cdot z + \frac{\rho_{min} \cdot V_0^2}{\rho_{max} \cdot z};$$

$$V_H(z) = K_H \cdot z + \frac{\rho_{max} \cdot V_0^2}{\rho_{min} \cdot z}.$$

Графіки функцій показані на рис.5. Якщо густина стала, тоді V(z) = $\frac{V_0^2}{z}$.

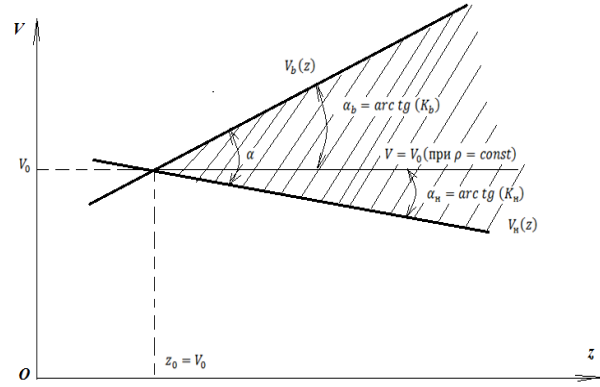


Рис. 4. Область розв'язку V = f(z) для плоского руху.

Fig. 4. Scope of solution V=f(z) for planar motion.

Сферичний рух: $V_B(z) = K_B \cdot (z) + \frac{\rho_{min} \cdot V_0^3}{\rho_{max} \cdot z^2}; V_H(z) = K_H \cdot (z) + \frac{\rho_{max} \cdot V_0^3}{\rho_{min} \cdot z^2}$. Графіки функцій V_B(z) та V_H(z) у цьому випадку подані на рис. 6. При цьому для сталої густини

$$V(z) = V_0^3 / z^2.$$

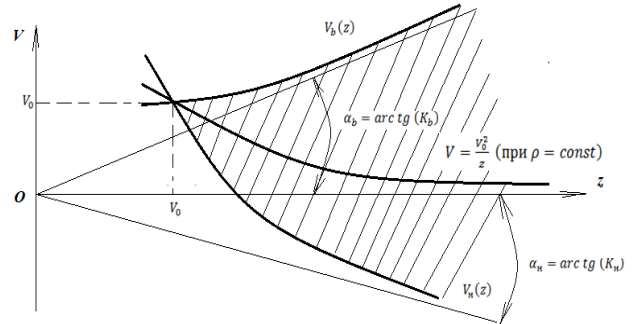


Рис. 5. Область розв'язку V = f(z) для циліндричного руху.

Fig. 5. Scope of solution V=f(z) for cylindrical movement.

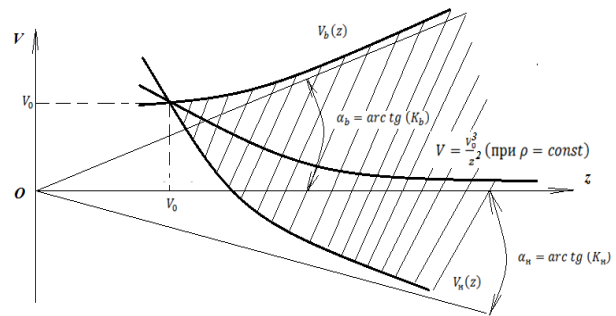


Рис. 6. Область розв'язку V = f(z) для сферичного руху.

Fig. 6. Scope of solution V=f(z) for spherical movement.

Розглянемо друге рівняння системи (15) і одержимо після деяких перетворень (більш докладно викладених у [2, 3] нелінійне інтегральне рівняння:

$$\rho = \rho_0 \cdot \left[1 + \varphi \cdot (\alpha \cdot z^{1-v} \cdot x - \alpha^2 \cdot z^{-2v-1} \cdot \rho \cdot x^2 - \alpha z^{v \cdot k - v} \cdot \int_{z_0}^z z^{v-v \cdot k + 1} \cdot \rho \cdot dz + \beta \cdot z^{v \cdot k - v} \cdot \int_{z_0}^z z^{-v \cdot k} \cdot x dz - \gamma \cdot z^{v \cdot k - v} \cdot \int_{z_0}^z z^{-v-v \cdot k + 1} \cdot \rho^{-1} \cdot x^2 dz + f\left(\frac{\rho_s - \rho_0}{\rho_s} \cdot 100\%\right) \cdot \left(\frac{z}{V_0}\right)^{v \cdot (k-1)} \right],$$

Або у операторній формі

$\rho = A\rho$, де $\varepsilon = F(b)$ – зворотна функція до

$$b = f(\varepsilon), \text{ й } \varphi(b); \alpha_b = \frac{F(b)}{[100\% - F(b)]};$$

$$X(z) = \int_{z_0}^z \beta = (v \cdot K)^2 + V \cdot K \cdot (v + 1); \gamma = v \cdot K \cdot (v + 1)^2$$

b_s - величина напруження на поверхню S РО.

Розглянемо замкнену область руйнування (рис.7):

$$S^* = \{\rho_0 \leq \rho_s \leq 2\rho_0; V_0 \leq z \leq V_0 + h\}.$$

Розміри області між РО і фронтом хвилі визначаються густиною $\rho > \rho_0 > 0$, і ця густина для реальних ґрунтів (ГСП) не перевищує $2\rho_0$,але принцип доказу не змінюється, якщо густина буде більша за $2\rho_0$.

Оператор А визначений на множині ω неперервних на відрізку $[V_0, V_0 + h]$ функцій $\rho(z) \leq \bar{S}$. У зв'язку з тим, що $\varphi(b) < 1$, оператор А відображає ω у собі: $A(\rho) \in \omega, A(\rho) \in S^*$, якщо $\rho \in \omega$.

У роботі [3] показано, що якщо відрізок $[V_0, Z]$ достатньо малий, тоді А – оператор стискування, який для заданої швидкості

V_0 та величини ρ_s , що відповідає умові $\rho_0 \leq \rho_s \leq 2\rho_0$, тоді система (15) має на відрізку $[V_0, t]$ єдиний автомобільний розв'язок $\rho(z)$ і $V(z)$. При цьому $b^* = Z^{v \cdot (k-1)}$.

Розв'язок $\rho(z)$ може бути одержаний як границя послідовності: $\rho_{n+1} = A\rho_n = \rho_0 \cdot [1 + \varphi(bn)], n = 0, 1, 2, \dots$

Реалізація такого підходу затруднюється тим, що послідовні наближення можуть привести до квадратур, які не беруться. У роботах [2,3] з цього приводу наведено чисельний алгоритм знаходження $\rho(z)$ і $V(z)$.

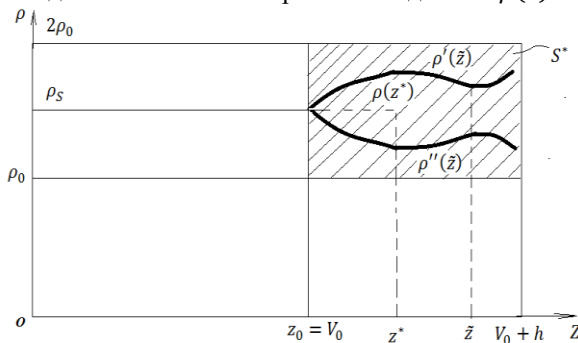


Рис. 7. Границі зміни густини ґрунтів при навантаженні.

Fig. 7. The limits of variation of the density of the soil under load.

Руйнування ґрунтів при деформаціях відриву виявляється у міцних породах при імпульсному навантаженні (удари, вібрації, тощо), коли після сколу РО швидко відходить назад. У цьому випадку швидкісне знімання навантаженого масиву призводить до найменш енергоємного виду руйнування – відриву. Це особливо ефективно у скельних породах, оскільки їх міцність на відрив значно менше, ніж на стиск.

Розглянемо рівняння руху стиснутої деформованої зони (ГСП) після ударного навантаження:

$$\frac{\partial^2 U}{\partial t^2} = \alpha^2 \cdot \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} - 2 \cdot K_r \cdot \alpha^2 \cdot \frac{\partial U}{\partial x}, \text{ де } \alpha^2 = \frac{E_p}{\rho};$$

$K_r = \frac{f \cdot K}{2}$ – коефіцієнт, що характеризує умови контакту часток ГСП на одиниці довжини стиснутої деформованої зони; визначений лінією розвантаження (рис.2); K – коефіцієнт бокового тиску (4). Розв'язання цього рівняння для випадку швидкого зняття навантаження з масиву ГСП досить складно і наведено у роботі [3], що дозволяє визначити умову (умови) розриву стиснутої зони при виході РО назад, а також тривалість розриву.

Якщо розглянути енергетичні умови руйнування ґрунтів [1, 5], тоді виходячи із закону збереження енергії, енергія процесу руйнування (рис.1) являє собою суму енергії розділення масиву на частини та створення нових поверхонь:

$$A_p = \frac{S \cdot l}{K_\varphi} \cdot \int_0^{\varepsilon_g} f(\varepsilon) d\varepsilon = \frac{S \cdot (U - V_0) \cdot t \cdot b \cdot \varepsilon}{2 \cdot K_\varphi}, \quad (18)$$

І енергію пружної деформації стиснутої деформованої зони:

$$A_c = \frac{S \cdot l \cdot \rho \cdot V_0^2}{2 \cdot K_\varphi} = \frac{S \cdot (U - V_0) \cdot t \cdot \rho \cdot V_0^2}{2 \cdot K_\varphi}, \quad (19)$$

де: S - площа контакту РО з ГСП; K_φ - коефіцієнт загострення для клинового РО (при куті загострення $\varphi = 180^\circ K_\varphi = 1$).

Інтеграл у правій частині рівняння (18) є ніщо інше, як площа (рис.2), обмежена кривою ОС₀, віссю ординат ∂_g і віссю абсцис ε_g - практично площа трикутника ОС₀ε_g:

$$\int_0^{\varepsilon_g} f(\varepsilon) d\varepsilon = \frac{1}{2} \cdot b_g \cdot \varepsilon_g. \quad (20)$$

Сумарна енергія руйнування, згідно з (18) та (19) (рис. 1):

$$A = \frac{S \cdot (U - V_0) \cdot t \cdot K_g}{2 \cdot K_\varphi},$$

де: $K_g = b_g \cdot \varepsilon_g + \rho \cdot V^2$ - питомий опір ґрунту руйнуванню.

Тривалість сколу у одному циклі руйнування

$$t = \frac{2 \cdot A \cdot K_\varphi}{S \cdot (u - V_0) \cdot K_g}. \quad (21)$$

Сила руйнування при заглибленні РО на величину δ і створення деформованої зони l (рис.1):

$$P = \frac{S \cdot K_g \cdot (u - V_0)}{2 \cdot V \cdot K_\varphi}. \quad (22)$$

Для РО багатьох землеобробних машин (екскаваторів, скреперів, бульдозерів, грейдерів та ін.):

$$P = \frac{S \cdot K_g \cdot (u - V_0) \cdot \sin \beta}{2 \cdot V \cdot K_\varphi}, \text{ де } \beta - \text{ кут різання (рис. 8).}$$

Сумарний об'єм ГСП у зонах руйнування і пружної деформації [4]:

$$V_c = \frac{2A \cdot U \cdot K_\varphi}{K_g \cdot (u - V_0)}. \quad (23)$$

Розуміючи під енергоємністю відношення енергії, витраченої на руйнування та деформацію певною об'ємом ґрунту V_c за час процесу T до величини V_c , одержимо: $E = \frac{A}{V_c \cdot T} = \frac{K_g \cdot (u - V_0)}{2U \cdot K_\varphi \cdot T}$,

де: $T = t \cdot K_c$, K_c – кількість сколів для силового різання або число імпульсів для ударного, вібраційного, частотударного, тощо процесів руйнування (на осцилограмах – число максимумів сили опору ґрунту руйнуванню).

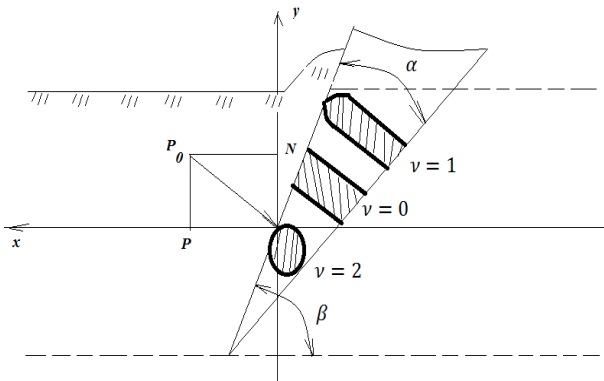


Рис. 8. Схема роботи ріжучого клинового робочого органу землеробної машини.

Fig. 8. The scheme of a cutting wedge working on machine.

Для динамічного навантаження K_c характеризується кількістю циклів навантаження для найбільш віддаленого перерізу (3-3, рис. 1) зони руйнування $K_c = \frac{l}{\delta} = \frac{U}{V_0}$; для середньої зони (2-2, рис. 1) $K_c = U/(2V_0)$. Та ким чином, середня енергоємність руйнування:

$$E_{г.с.} = \frac{K_g \cdot V_0 \cdot (u - V_0)}{U^2 \cdot K_\varphi \cdot t}. \quad (24)$$

Для інженерних розрахунків, коли швидкістю РО ($V_0 = 1 \dots 30$ м/с) порівняно зі швидкістю розповсюдження деформації ($U=200 \dots 3000$ м/с) можна знехтувати, енергоємність процесів землеробної техніки буде:

$$E_{г.с.} = \frac{K_g \cdot V_0}{U \cdot K_\varphi \cdot t}. \quad (25)$$

Висновки

1. Проведений критичний контент-аналіз теорії руйнування ГСП академіка В. Л. Баладинського дає можливість вдосконалити інженерні методи розрахунку опору ґрунтів, параметрів процесів і енергоємності у різних умовах роботи для машин статичної та динамічної дії. Вказані машини можуть бути віднесені до наступних класів: наземних, підводних, підземних для будівельних, гірничих, меліоративних, спеціальних та інших машин [1-5], котрі використовуються у сучасному сільськогосподарському виробництві при проведенні різноманітних технологічних процесів й операцій.

2. На думку авторів даної роботи подальші вдосконалення й узагальнення теорії руйнування ГСП можливі лише з використанням моделей, методів і підходів нелінійної механіки, що дозволяє вивчати процеси просторово-часової еволюції хвилеутворень, котрі супроводжують процес руйнування ґрунту.

Список літератури

1. Баладинский В. Л. Производительность и долговечность землеройных мелиоративных машин. Київ. Урожай, 1988. 150 с.
2. Баладинский В. Л. Машины и механизмы для подводных работ. Ленинград. Судостроение, 1979. 192 с.
3. Баладинский В. Л. Механизация земляных работ. Москва. Воениздат, 1985. 160 с.
4. Баладинский В. Л. Машины и механизмы для сельского строительства. Київ. Будівельник, 1978. 152 с.
5. Баладинский В. Л. Колинексная механизация на предприятиях стройиндустрии. Київ. Будівельник, 1991. 152 с.
6. Баладинський В. Л. Основи сучасної теорії руйнування ґрунтів і гірських порід. Горні, будівельні, дорожні та меліоративні машини. 1993. Вип. 48. С. 72-83.

References

1. Baladinsky V. L. (1988). Productivity and longevity of earth-moving metator machines. Kyiv. Harvest, 150.
2. Baladinsky V. L. (1979). Machines and mechanisms for underwater robot. Leningrad: Shipbuilding, 192.
3. Baladinsky V. L. (1985). The mechanization of earthworks. Moscow. Military Publishing, 160.
4. Baladinsky V. L. (1978). Machines and mechanisms for rural construction Kyiv. Budyvelnik, 152.
5. Baladinsky V. L. (1991). Colinex mechanization at the enterprises of the construction industry. Kyiv. Budivelnik, 152.
6. Baladinsky V. L. (1993). Fundamentals of the current theory of soil and soil protection. Gorni, budelny, road and mall machinery. Vol. 48. 72-83.

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ СОВРЕМЕННОЙ ТЕОРИИ РАЗРУШЕНИЕ ПОЧВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ. КОНТЕНТ-АНАЛИЗ И КРИТИЧЕСКИЙ ВЗГЛЯД НА ТЕОРИЮ АКАДЕМИКА В. Л. БАЛАДИНСЬКОГО
Ю. В. Човнюк, Ю. О. Гуменюк, І. Н. Сівак

Аннотация. Проведенный критический контент-анализ теории академика В.Л. Баладинського, в которой изложены основы современной теории разрушения почв и горных пород. В отличие от действующих теорий, эта теория в линейном приближении учитывает продолжительность разрушения, энергию и скорость нагрузки, скорость волн деформации в массиве и изменение свойств ґрунтов при нагрузках. При таких упругих колебаниях

эти уравнения, описывающие динамические процессы в почве, которая разрушается, являются линейными, а при конечных остаточных деформациях - нелинейные. Кроме того, указанная выше теория В. Л. Баладинського только в первом приближении учитывает влияние фронта волны (точнее, формы этого фронта), которая образуется в процессе разрушения обрабатываемого грунта. Однако розвинутий підхід визначає теж напруження між робочим органом і фронтом хвилі і може бути використано для оцінки швидкості розповсюдження тріщин при руйнуванні ґрунту. Це дозволяє, в свою чергу, визначити режимні і конструктивні параметри одно- і багатоеlementних робочих органів земля - (позвообробляючих машин, які використовуються в сільському господарстві, виходячи з необхідних об'ємів руйнування ґрунту.

Ключевые слова: концепция, основы, теория, разрушения, почвы сельскохозяйственного назначения, контент-анализ, критические взгляды, теория академика В. Л. Баладинського.

CONCEPTUAL BASES OF MODERN THEORY
OF DESTRUCTION OF SOILS OF AGRICULTURAL
PURPOSE. CONTENT ANALYSIS AND CRITICAL
VIEW ON THEORY OF ACADEMICIAN
V. L. BALADINSKY

Yu. V. Chovnyuk, Yu. O. Gumenyuk, I. M. Sivak

Abstract. Conducted critical content - analysis of the theory of academician V. L. Baladinsky, in which the foundations of the modern theory of the destruction of soils and rocks are laid out. Unlike current theories, this theory in linear approximation takes into account the duration of destruction, the energy and loading speed, the velocity of deformation waves in the array, and the change of soil properties under stress. In such elastic oscillations, these equations describing the dynamic processes in the soils that are destroyed are linear, and in the case of finite residual deformations, they are nonlinear. In addition, the above theory of V. L. Baladinsky only in the first approximation takes into account the influence of the wave front (more precisely, the shape of this front), which is formed in the process of destruction of the cultivated soil. However, the advanced approach also determines the stresses between the working body and the front of the wave and can be used to estimate the rate of crack propagation when soil is destroyed. This, in turn, allows us to determine the regime and design parameters of single and multi-element working bodies of the earth ((soil tillage machines used in agriculture, based on the required volume of destruction of soil.

Key words: concept, foundations, theory, destruction, agricultural soil, content analysis, critical views, the theory of academician V. L. Baladinsky.

Ю. В. Човнюк ORCID 0000-0002-0608-0203.

Ю. О. Гуменюк ORCID 0000-0001-8203-5749.

І. М. Сівак ORCID 0000-0001-5864-9855.

УДК 621.87

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ДИНАМІКИ ЗМІНИ ВИЛЬОТУ СТРІЛОВОЇ СИСТЕМИ КРАНА-МАНІПУЛЯТОРА З ВАНТАЖЕМ ПРИ СУМІЩЕННІ РУХІВ

В. С. Ловейкін, Ю. О. Ромасевич, О. О. Сподоба

Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна.

Кореспонденція авторів: *sp1309@ukr.net*.

Історія статті: отримано – грудень 2018, акцептовано – травень 2019.

Бібл. 17, рис. 13, табл. 0.

Анотація. З метою підвищення продуктивності та надійності крана-маніпулятора з гідроприводом згідно з нормативно-технічною документацією, яка регламентує безпечну експлуатацію багатоланкових кранів-маніпуляторів допускається суміщення рухів з одночасним переміщенням декількох ланок стрілової системи. В результаті в роботі розглянута методика побудови математичної моделі в площині зміни вильоту стрілової системи із вантажем крана-маніпулятора. Математична модель побудована із врахуванням трьох одночасних рухів, а саме, одночасного підйому стріли, розгортання рукояті та коливального руху захватного пристрою з вантажем. Розраховано функції зміни кінематичних та динамічних характеристик стрілової системи за одночасного переміщення її ланок. Побудова математичної моделі виконується із застосуванням рівнянь Лагранжа другого роду. При цьому за узагальнені координати моделі крана-маніпулятора прийнято, кутові координати положення ланок стрілової системи та кутове відхилення вантажу. А механічні характеристики приводу, представлені у вигляді квадратичних залежностей між діючими зусиллями та швидкостями переміщень штоків силових гідроциліндрів. Керування елементами приводу представлено у вигляді рівнянь витрати робочої рідини зі зміною площі прохідного перерізу золотникового гідравлічного розподільника за лінійним законом. В результаті отримано рівняння руху крана-маніпулятора з врахуванням впливу інерційної складової кожної ланки стрілової системи та впливу коливального руху вантажу на динамічні навантаження елементів металоконструкції та елементів гідравлічного приводу. Розроблена математична модель дозволяє теоретично визначити вплив одночасного переміщення стріли та рукояті на коливання вантажу, та вплив коливання вантажу на динамічні навантаження, які виникають в стріловій системі та елементах приводу крана-маніпулятора.

Ключові слова: математична модель, зміна вильоту, суміщення рухів, кран-маніпулятор, рівняння Лагранжа другого роду, динамічні навантаження, коливання вантажу.

Постановка проблеми

В процесі виконання технологічного процесу розвантажувально-завантажувальних операцій в елементах стрілової системи та елементах приводу крана-маніпулятора виникають динамічні навантаження, в наслідок нерівномірного обертання стрілової системи при рівномірному переміщенні штоків гідроциліндрів. Динамічні навантаження залежать від кінематичних параметрів крана-маніпулятора та від характеру зміни швидкості переміщення ланок стрілової системи з вантажем. Згідно з нормативно-технічною документацією, яка регламентує роботу багатоланкових кранів-маніпуляторів [1-2] допускається суміщення операцій одночасного переміщення декількох ланок стрілової системи крана-маніпулятора. При суміщенні операцій одночасного переміщення двох ланок стрілової системи з вантажем можна значно знизити динамічні навантаження і відповідно підвищити продуктивність, надійність елементів стрілової системи та гідравлічного обладнання крана-маніпулятора. Для визначення дійсних динамічних навантажень в елементах конструкції крана-маніпулятора при суміщенні рухів ланок стрілової системи необхідно мати адекватні математичні моделі [3-8].

Аналіз останніх досліджень

Відомі [6-13] методи побудови математичної моделі крана-маніпулятора. В даних роботах стрілова система крана-маніпулятора представлена, як голономна механічна система, в якій центр ваги ланок металоконструкції співпадає з їх геометричними параметрами. В роботах [6-17] розглянуто побудову математичної моделі крана-маніпулятора, встановлено зв'язок між кінематичними залежностями привідної ланки крана-маніпулятора та вантажу. Проаналізовано вплив динамічних навантажень на елементи металоконструкції стрілової системи крана-маніпулятора. В роботах [10-11] розглянуто аналіз впливу суміщення рухів трьох ланок стрілової системи на динамічну навантаженість крана-маніпулятора. При досить великому обсязі розгляду проблеми динамічного аналізу суміщення

одночасного руху ланок стрілової системи, розв'язок даної задачі для кранів-маніпуляторів з гідроприводом не розглянуто з врахуванням коливання вантажу на кінці стрілової системи.

Мета досліджень

Метою даної роботи є побудова математичної моделі динаміки зміни вильоту стрілової системи крана-маніпулятора при суміщенні операцій одночасного підйому стріли та розгортання рукояті з коливаннями вантажу на кінці стрілової системи та дослідження динаміки зміни вильоту стрілової системи крана-маніпулятора.

Результати досліджень

При дослідженні динаміки зміни вильоту стрілової системи крана-маніпулятора при суміщенні рухів

(підйому стріли, розгортання рукояті та коливання вантажу) приймаємо наступні припущення:

- вважаємо, що усі ланки стрілової системи є абсолютно тверді тіла, окрім вантажу, який здійснює коливання на шарнірному підвісі в площині зміни вильоту;
- тертя в рухомих елементах і в'язке тертя рідини в трубопроводах не враховуємо;
- стисливість робочої рідини в елементах приводу не враховуємо.

Виходячи з наведених припущень стрілову систему маніпулятора в процесі зміни вильоту вантажу при суміщенні двох основних рухів та коливань вантажу представляємо як голономну механічну систему з трьома ступенями вільності. Кутові координати повороту стріли та рукояті відраховуємо від осі x , а кутову координату відхилення вантажу від осі y , (рис. 1.) За узагальнені координати системи приймаємо кутові координати: повороту стріли α , повороту рукояті β , та відхилення від вертикалі шарнірного підвісу з вантажем ν , (рис. 1).

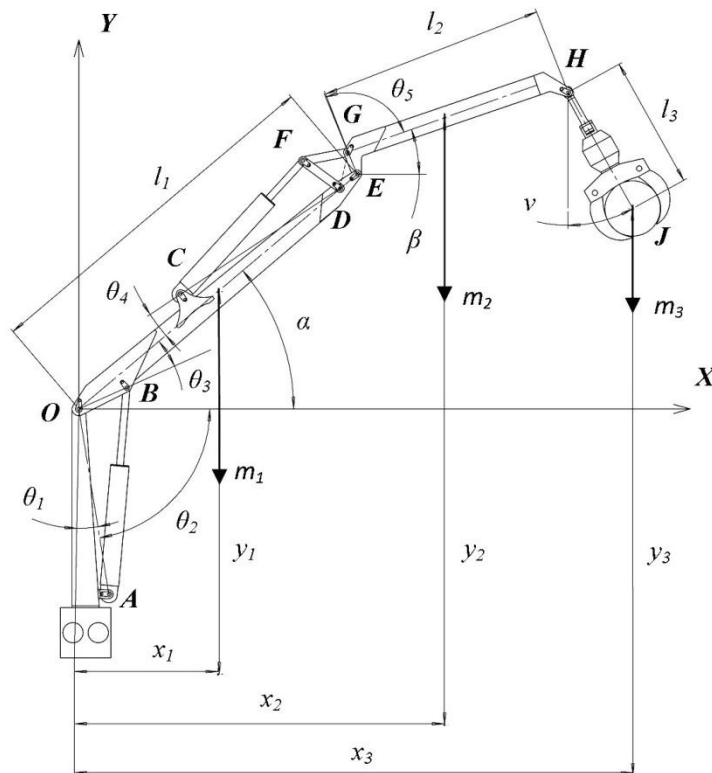


Рис. 1. Динамічна модель стрілової системи крана-маніпулятора в процесі зміни вильоту при суміщенні рухів стріли та рукояті з вантажем.

Fig. 1. Dynamic model stravo system of the crane in the process of luffing when the combined movements of the boom and stick with cargo.

На рис. 1 прийняті такі позначення: l_1 - довжина стріли; l_2 - довжина рукояті; l_3 - довжина шарнірного підвісу; m_1, m_2, m_3 - маса відповідно стріли, рукояті та вантажу; $\theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4, \theta_5$ - кути утворені геометричними параметрами елементів стрілової системи та приводних механізмів крана-маніпулятора;

x_1, x_2, x_3 - горизонтальні координати центрів мас стріли, рукояті та вантажу; y_1, y_2, y_3 - вертикальні координати центрів мас відповідно стріли, рукояті та вантажу.

Виразимо координати центрів мас для стріли, рукояті та захватного пристрою з вантажем крана-маніпулятора через узагальнені координати:

$$\begin{cases} x_1 = \frac{l_1}{2} \cos(\alpha); \\ y_1 = \frac{l_1}{2} \sin(\alpha); \end{cases} \quad (1)$$

$$\begin{cases} x_2 = l_1 \cdot \cos(\alpha) + \frac{l_2}{2} \cdot \cos(\beta); \\ y_2 = l_1 \cdot \sin(\alpha) + \frac{l_2}{2} \cdot \sin(\beta); \end{cases} \quad (2)$$

$$\begin{cases} x_3 = l_1 \cdot \cos(\alpha) + l_2 \cdot \cos(\beta) + l_3 \cdot \sin(\nu); \\ y_3 = l_1 \cdot \sin(\alpha) + l_2 \cdot \sin(\beta) - l_3 \cdot \cos(\nu). \end{cases} \quad (3)$$

Для складання рівнянь руху крана-маніпулятора в процесі зміни вильоту стрілової системи з вантажем за одночасного переміщення стріли, рукояті та вантажу використовуємо рівняння Лагранжа другого роду, які для системи, наведеної на (рис. 1), мають вигляд:

$$\begin{cases} \frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \dot{\alpha}} - \frac{\partial T}{\partial \alpha} = Q_\alpha - \frac{\partial \Pi}{\partial \alpha}; \\ \frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \dot{\beta}} - \frac{\partial T}{\partial \beta} = Q_\beta - \frac{\partial \Pi}{\partial \beta}; \\ \frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \dot{\nu}} - \frac{\partial T}{\partial \nu} = Q_\nu - \frac{\partial \Pi}{\partial \nu}, \end{cases} \quad (4)$$

де t - час; T, Π - відповідно кінетична та потенціальна енергія стрілової системи крана-маніпулятора в процесі зміни вильоту вантажу; Q_α, Q_β, Q_ν - неконсервативні складові узагальнених сил системи, що відповідають координатам α, β, ν .

Виразимо кінетичну енергію стрілової системи крана-маніпулятора:

$$T = \frac{1}{2} \cdot J_1 \cdot \dot{\alpha}^2 + \frac{1}{2} \cdot m_2 \cdot (\dot{x}_2^2 + \dot{y}_2^2) + \frac{1}{2} \cdot J_2 \cdot \dot{\beta}^2 + \frac{1}{2} \cdot m_3 \cdot (\dot{x}_3^2 + \dot{y}_3^2) \quad (5)$$

де m_2 - маса рукояті; m_3 - маса вантажу; J_1 - момент інерції стріли відносно осі її обертання, точки O (рис. 1); J_2 - момент інерції рукояті відносно осі її обертання, точки E (рис. 1).

Запишемо вираз потенціальної енергії стрілової системи крана-маніпулятора в процесі зміни вильоту:

$$\Pi = (m_1 y_1 + m_2 y_2 + m_3 y_3) \cdot g, \quad (6)$$

де g - прискорення вільного падіння.

Візьмемо похідні від кінетичної енергії (5), що входять в систему рівнянь (4):

$$\begin{aligned} \frac{\partial T}{\partial \alpha} &= m_2 \left(\dot{x}_2 \frac{\partial \dot{x}_2}{\partial \alpha} + \dot{y}_2 \frac{\partial \dot{y}_2}{\partial \alpha} \right) + \\ &+ m_3 \left(\dot{x}_3 \frac{\partial \dot{x}_3}{\partial \alpha} + \dot{y}_3 \frac{\partial \dot{y}_3}{\partial \alpha} \right); \\ \frac{\partial T}{\partial \beta} &= m_2 \left(\dot{x}_2 \frac{\partial \dot{x}_2}{\partial \beta} + \dot{y}_2 \frac{\partial \dot{y}_2}{\partial \beta} \right) + \\ &+ m_3 \left(\dot{x}_3 \frac{\partial \dot{x}_3}{\partial \beta} + \dot{y}_3 \frac{\partial \dot{y}_3}{\partial \beta} \right); \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial T}{\partial \nu} &= m_2 \left(\dot{x}_2 \frac{\partial \dot{x}_2}{\partial \nu} + \dot{y}_2 \frac{\partial \dot{y}_2}{\partial \nu} \right) + \\ &+ m_3 \left(\dot{x}_3 \frac{\partial \dot{x}_3}{\partial \nu} + \dot{y}_3 \frac{\partial \dot{y}_3}{\partial \nu} \right); \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial T}{\partial \dot{\alpha}} &= J_1 \cdot \dot{\alpha} + m_2 \left(\dot{x}_2 \frac{\partial x_2}{\partial \alpha} + \dot{y}_2 \frac{\partial y_2}{\partial \alpha} \right) + \\ &+ m_3 \left(\dot{x}_3 \frac{\partial x_3}{\partial \alpha} + \dot{y}_3 \frac{\partial y_3}{\partial \alpha} \right); \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial T}{\partial \dot{\beta}} &= J_2 \cdot \dot{\beta} + m_2 \left(\dot{x}_2 \frac{\partial x_2}{\partial \beta} + \dot{y}_2 \frac{\partial y_2}{\partial \beta} \right) + \\ &+ m_3 \left(\dot{x}_3 \frac{\partial x_3}{\partial \beta} + \dot{y}_3 \frac{\partial y_3}{\partial \beta} \right); \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial T}{\partial \dot{\nu}} &= m_2 \left(\dot{x}_2 \frac{\partial x_2}{\partial \nu} + \dot{y}_2 \frac{\partial y_2}{\partial \nu} \right) + \\ &+ m_3 \left(\dot{x}_3 \frac{\partial x_3}{\partial \nu} + \dot{y}_3 \frac{\partial y_3}{\partial \nu} \right); \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \dot{\alpha}} &= J_1 \cdot \ddot{\alpha} + m_2 \left(\ddot{x}_2 \frac{\partial x_2}{\partial \alpha} + \dot{x}_2 \frac{\partial \dot{x}_2}{\partial \alpha} + \right. \\ &\left. \ddot{y}_2 \frac{\partial y_2}{\partial \alpha} + \dot{y}_2 \frac{\partial \dot{y}_2}{\partial \alpha} \right) + m_3 \times \end{aligned}$$

$$\times \left(\ddot{x}_3 \frac{\partial x_3}{\partial \alpha} + \dot{x}_3 \frac{\partial \dot{x}_3}{\partial \alpha} + \ddot{y}_3 \frac{\partial y_3}{\partial \alpha} + \dot{y}_3 \frac{\partial \dot{y}_3}{\partial \alpha} \right); \quad (7)$$

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \dot{\beta}} &= J_2 \cdot \ddot{\beta} + m_2 \left(\ddot{x}_2 \frac{\partial x_2}{\partial \beta} + \dot{x}_2 \frac{\partial \dot{x}_2}{\partial \beta} + \right. \\ &\left. \ddot{y}_2 \frac{\partial y_2}{\partial \beta} + \dot{y}_2 \frac{\partial \dot{y}_2}{\partial \beta} \right) + m_3 \times \end{aligned}$$

$$\times \left(\ddot{x}_3 \frac{\partial x_3}{\partial \beta} + \dot{x}_3 \frac{\partial \dot{x}_3}{\partial \beta} + \ddot{y}_3 \frac{\partial y_3}{\partial \beta} + \dot{y}_3 \frac{\partial \dot{y}_3}{\partial \beta} \right);$$

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \dot{\nu}} &= m_2 \left(\ddot{x}_2 \frac{\partial x_2}{\partial \nu} + \dot{x}_2 \frac{\partial \dot{x}_2}{\partial \nu} + \right. \\ &\left. \ddot{y}_2 \frac{\partial y_2}{\partial \nu} + \dot{y}_2 \frac{\partial \dot{y}_2}{\partial \nu} \right) + m_3 \times \end{aligned}$$

$$\times \left(\ddot{x}_3 \frac{\partial x_3}{\partial \nu} + \dot{x}_3 \frac{\partial \dot{x}_3}{\partial \nu} + \ddot{y}_3 \frac{\partial y_3}{\partial \nu} + \dot{y}_3 \frac{\partial \dot{y}_3}{\partial \nu} \right).$$

Візьмемо часткові похідні від потенціальної енергії (6):

$$\frac{\partial \Pi}{\partial \alpha} = \left(m_1 \frac{\partial y_1}{\partial \alpha} + m_2 \frac{\partial y_2}{\partial \alpha} + m_3 \frac{\partial y_3}{\partial \alpha} \right) \cdot g;$$

$$\frac{\partial \Pi}{\partial \beta} = \left(m_2 \frac{\partial y_2}{\partial \beta} + m_3 \frac{\partial y_3}{\partial \beta} \right) \cdot g; \quad (8)$$

$$\frac{\partial \Pi}{\partial \nu} = m_3 \frac{\partial y_3}{\partial \nu} \cdot g.$$

Визначимо неконсервативні складові узагальнених сил, що входять в систему рівнянь (4). Для цього складемо рівняння елементарних робіт:

$$Q_\alpha \delta \alpha + Q_\beta \delta \beta = F_1 \delta U_1 + F_2 \delta U_2;$$

$$\delta U_1 = \frac{\partial U_1}{\partial \alpha} \delta \alpha; \quad (9)$$

$$\begin{aligned} \delta U_2 &= \frac{\partial U_2}{\partial \alpha} \delta \alpha + \frac{\partial U_2}{\partial \beta} \delta \beta, \\ Q_\alpha \delta \alpha + Q_\beta \delta \beta &= F_1 \frac{\partial U_1}{\partial \alpha} \delta \alpha + F_2 \frac{\partial U_2}{\partial \alpha} \delta \alpha + \\ &+ F_2 \frac{\partial U_2}{\partial \beta} \delta \beta; \\ Q_\alpha \delta \alpha &= \left(F_1 \frac{\partial U_1}{\partial \alpha} + F_2 \frac{\partial U_2}{\partial \alpha} \right); \\ Q_\beta \delta \beta &= F_2 \cdot \delta U_2. \end{aligned}$$

В отриманому рівнянні виразимо варіацію переміщення штоків гідроциліндрів через варіацію узагальнених координат, в результаті чого отримаємо:

$$\begin{aligned} Q_\alpha &= F_1 \frac{\partial U_1}{\partial \alpha} + F_2 \frac{\partial U_2}{\partial \alpha}; \\ Q_\beta &= F_2 \frac{\partial U_2}{\partial \beta}, \end{aligned} \quad (10)$$

де F_1 - зусилля в гідроциліндрі підйому стріли; F_2 - зусилля в гідроциліндрі переміщення рукояті

Підставивши вирази (7...10) в систему рівнянь (4), отримаємо систему диференціальних рівнянь руху крана-маніпулятора в процесі зміни вильоту стрілової системи з вантажем при суміщенні двох рухів:

$$\begin{cases} J_1 \cdot \ddot{\alpha} + m_2 \cdot \left(\ddot{x}_2 \cdot \frac{\partial x_2}{\partial \alpha} + \ddot{y}_2 \cdot \frac{\partial y_2}{\partial \alpha} \right) + \\ + m_3 \cdot \left(\ddot{x}_3 \cdot \frac{\partial x_3}{\partial \alpha} + \ddot{y}_3 \cdot \frac{\partial y_3}{\partial \alpha} \right) = \\ = F_1 \cdot \frac{\partial U_1}{\partial \alpha} + F_2 \cdot \frac{\partial U_2}{\partial \alpha} - \\ - \left(m_1 \cdot \frac{\partial y_1}{\partial \alpha} + m_2 \cdot \frac{\partial y_2}{\partial \alpha} + m_3 \cdot \frac{\partial y_3}{\partial \alpha} \right) \cdot g; \\ J_2 \cdot \ddot{\beta} + m_2 \cdot \left(\ddot{x}_2 \cdot \frac{\partial x_2}{\partial \beta} + \ddot{y}_2 \cdot \frac{\partial y_2}{\partial \beta} \right) + \\ + m_3 \cdot \left(\ddot{x}_3 \cdot \frac{\partial x_3}{\partial \beta} + \ddot{y}_3 \cdot \frac{\partial y_3}{\partial \beta} \right) = \\ = -F_2 \cdot \frac{\partial U_2}{\partial \beta} - \left(m_2 \cdot \frac{\partial y_2}{\partial \beta} + m_3 \cdot \frac{\partial y_3}{\partial \beta} \right) \cdot g; \\ m_3 \cdot \left(\ddot{x}_3 \cdot \frac{\partial x_3}{\partial v} + \ddot{y}_3 \cdot \frac{\partial y_3}{\partial v} \right) = -m_3 \cdot \frac{\partial y_3}{\partial v} \cdot g. \end{cases} \quad (11)$$

Знайдемо координати приводних механізмів, що входять в систему рівнянь (11).

$$AB = U_1.$$

$$U_1 = \sqrt{AO^2 + OB^2 - 2 \cdot AO \cdot OB \cdot \cos(\theta_2 + \alpha - \theta_3)}. \quad (12)$$

$$CF = U_2.$$

$$U_2 = \sqrt{CD^2 + DF^2 - 2 \cdot CD \cdot DF \cdot \cos(\angle CDF)}. \quad (13)$$

Для визначення $\angle CDF$ спочатку розглянемо чотирих ланковий механізм $EDFG$ (рис. 2), і визначимо діагональ DG :

$$DG = \sqrt{EG^2 + DE^2 - 2 \cdot EG \cdot DE \cdot \cos(\angle DEG)}. \quad (14)$$

$$\angle DEG = \pi - (\theta_5 + \beta - \alpha). \quad (15)$$

Після підстановки виразу (15) в залежність (14) отримаємо:

$$DG = \sqrt{EG^2 + DE^2 - 2 \cdot EG \cdot DE \cdot \cos(\theta_5 + \beta - \alpha)}. \quad (16)$$

Використовуючи теорему синусів, запишемо:

$$\frac{\sin \angle DEG}{DG} = \frac{\sin \angle EDG}{EG} \quad (17)$$

З рівняння () знаходимо:

$$\angle ADE = \text{ArcSin} \left(\frac{EG \cdot \sin(\theta_5 + \beta - \alpha)}{DG} \right) \quad (18)$$

Кут $\angle FDG$ знайдемо з виразу:

$$FG^2 = DF^2 + DG^2 - 2 \cdot DF \cdot DG \cdot \cos \angle FDG \quad (19)$$

Тоді:

$$\angle FDG = \text{ArcCos} \left(\frac{DG^2 + DF^2 - FG^2}{2 \cdot DF \cdot DG} \right) \quad (20)$$

Склавши вирази (18) і (20) знайдемо кут $\angle EDF$:

$$\begin{aligned} \angle EDF &= \text{ArcSin} \left(\frac{EG \cdot \sin(\theta_5 + \beta - \alpha)}{DG} \right) + \\ &+ \text{ArcCos} \left(\frac{DG^2 + DF^2 - FG^2}{2 \cdot DF \cdot DG} \right). \end{aligned} \quad (21)$$

Тепер можна знайти кут $\angle CDF$:

$$\angle CDF = \pi - \angle EDF - \theta_4 \quad (22)$$

Після підстановки виразу (22) в залежність (13) отримаємо:

$$U_2 = \sqrt{CD^2 + DF^2 + 2 \cdot CD \cdot DF \cdot \cos(\angle EDF - \theta_4)}. \quad (23)$$

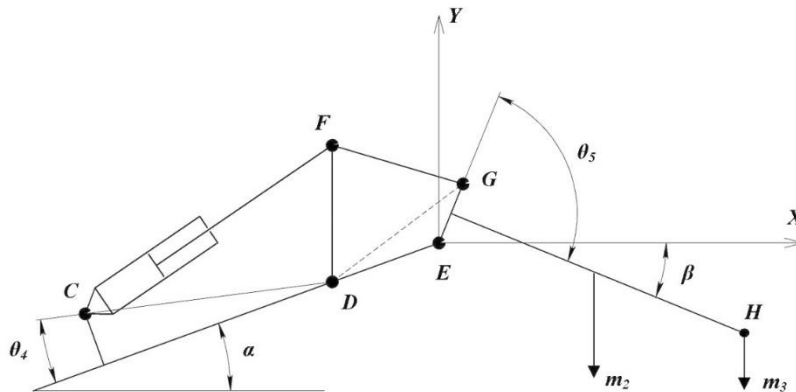


Рис. 2. Кінематична схема привода рукояті.
Fig. 2. Kinematic diagram of the drive handle.

Рушійні зусилля в силових гідроциліндрах визначаються з механічних характеристик, які представлені у вигляді квадратичних залежностей між діючими зусиллями та швидкостями переміщень штоків силових гідроциліндрів.

$$\begin{aligned} F_1 &= P_n \cdot A_1 \cdot \sqrt{1 - \frac{A_1 \cdot \dot{U}_1}{Q_1}}, \\ F_2 &= P_n \cdot A_2 \cdot \sqrt{1 - \frac{A_2 \cdot \dot{U}_2}{Q_2}}, \end{aligned} \quad (24)$$

де: P_n - тиск рідини в гідравлічній системі; A_1 - площа поршня гідроциліндра підйому стріли; A_2 - площа поршня гідроциліндра розгортання рукояті; \dot{U}_1 швидкість переміщення штоку гідроциліндра підйому стріли; \dot{U}_2 швидкість переміщення штоку гідроциліндра переміщення рукояті.

Витрата робочої рідини яка протікає через гідророзподільник для надання силовим гідроциліндрам потрібного режиму пуску та подальшого переміщення стрілової системи визначається наступними залежностями, відповідно для гідроциліндра підйому стріли та гідроциліндра переміщення рукояті:

$$\begin{aligned} Q_1 &= \mu \cdot f_1 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot \Delta P_1}{\rho}}, \\ Q_2 &= \mu \cdot f_2 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot \Delta P_2}{\rho}}, \end{aligned} \quad (25)$$

де: ΔP_1 - перепад тиску в гідроциліндрі підйому стріли; ΔP_2 - перепад тиску в гідроциліндрі переміщення рукояті; μ - коефіцієнт витрати робочої рідини, який залежить від конструкції дроселя та визначається експериментально (для кромкових гідророзподільників $\mu = 0.65 - 0.7$); f_1 - площа прохідного перерізу гідравлічного розподільника гідроциліндра підйому стріли; f_2 - площа прохідного перерізу гідравлічного розподільника гідроциліндра переміщення рукояті; ρ - питома вага рідини.

Для розрахунку динаміки зміни вильоту стрілової системи крана-маніпулятора використовуємо такі вихідні параметри: $m_1 = 350 \text{ кг}$, $m_2 = 220 \text{ кг}$, $m_3 = 600 \text{ кг}$, $l_1 = 4 \text{ м}$, $l_2 = 2 \text{ м}$, $l_3 = 0,8 \text{ м}$, $AO = 1,6 \text{ м}$, $OB = 0,5 \text{ м}$, $CD = 1,6 \text{ м}$, $l_4 = 4 \text{ м}$, $DF = 0,425 \text{ м}$, $FG = 0,425 \text{ м}$, $EG = 0,425 \text{ м}$, $DE = 0,255 \text{ м}$, $P_n = 20 \cdot 10^6 \text{ Па}$, $A_1 = 0,012265 \text{ м}^2$, $A_2 = 0,00915 \text{ м}^2$, $\theta_1 = 0,192 \text{ рад}$, $\theta_2 = 1,378 \text{ рад}$, $\theta_3 = 0,384 \text{ рад}$, $\theta_4 = 0,157 \text{ рад}$, $\theta_5 = 1,57 \text{ рад}$, $\rho = 850 \text{ кг/м}^3$.

Початкові умови руху маніпулятора: $\alpha[0] = 0$, $\dot{\alpha}[0] = 0$, $\beta[0] = -1$, $\dot{\beta}[0] = 0$, $\nu[0] = 0$, $\dot{\nu}[0] = 0$.

Підставивши в систему рівнянь (11) вихідні параметри та початкові умови і розв'язавши її, визначено та побудовано графічні залежності (рис. 3 – рис. 13). При розв'язку системи рівнянь було прийнято такі припущення:

час відкриття золотникового гідророзподільника становить $0,1 \text{ с}$;
площа прохідного перерізу гідророзподільника змінюється за лінійним законом.

Із системи рівнянь (11) та виразів (12-23) визначено переміщення штоків силових гідроциліндрів, відповідно підйому стріли (рис. 3) та переміщення рукояті (рис. 4). В залежності від переміщення штоків приводних гідроциліндрів визначено кутове переміщення підйому стріли (рис. 5) та кутове переміщення рукояті (рис. 6).

Аналізуючи наведені графічні залежності переміщення елементів приводу та ланок стрілової системи (рис. 3 – рис. 6), можна визначити у відповідності до геометричних та кінематичних характеристик функціональну залежність кутового переміщення ланок стрілової системи у відповідності до лінійного переміщення штоків силових гідроциліндрів.

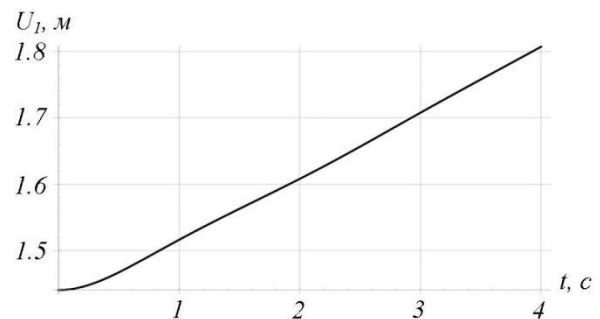


Рис. 3. Графік переміщення штоку гідроциліндра підйому стріли.

Fig. 3. Schedule moving of a rod of a hydraulic cylinder of a boom.

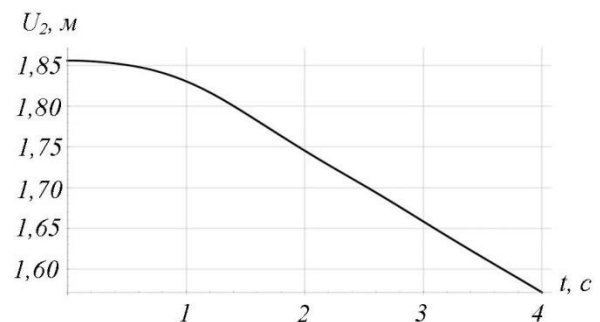


Рис. 4. Графік переміщення штоку гідроциліндра рукояті.

Fig. 4. Schedule moving of a rod of the hydraulic cylinder of the handle.

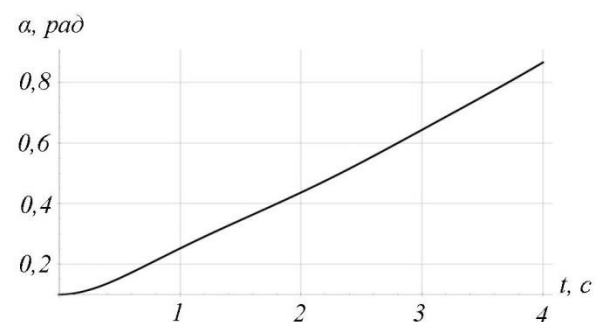


Рис. 5. Графік кутового переміщення стріли.

Fig. 5. Graph of angular displacement of the boom.

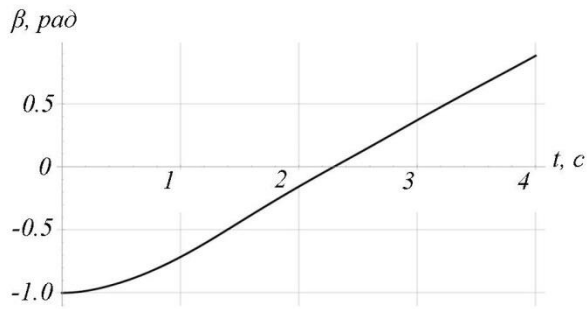


Рис. 6. Графік кутового переміщення рукояті.
Fig. 6. Graph of angular displacement of the handle

Розв'язавши систему рівнянь з вихідними параметрами та початковими умовами побудовано графічні залежності розгону та виходу на усталений рух штоків приводних гідроциліндрів (рис. 7 – рис. 8) та відповідно елементів стрілової системи (рис. 9 – рис. 10) за умови одночасного переміщення стріли, рукояті та вантажу. Аналізуючи графічні залежності швидкостей штоків силових гідроциліндрів можна зазначити, що розгін штоку гідроциліндра підйому стріли відбувається протягом 0,8 с, та на протязі усталеного руху супроводжується динамічними навантаженнями коливального характеру. Максимальне значення швидкості усталеного руху становить 0,1 м/с. Для штоку гідроциліндра привода рукояті вихід на усталений рух відбувається протягом 1,5 с, при цьому швидкість переміщення становить 0,08 м/с, та супроводжується динамічними навантаженнями коливального характеру.

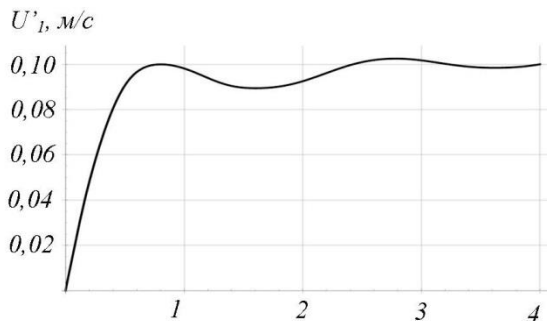


Рис. 7. Графік швидкості переміщення штоку гідроциліндра підйому стріли.

Fig. 7. Graph of the velocity of the cylinder rod of the boom.

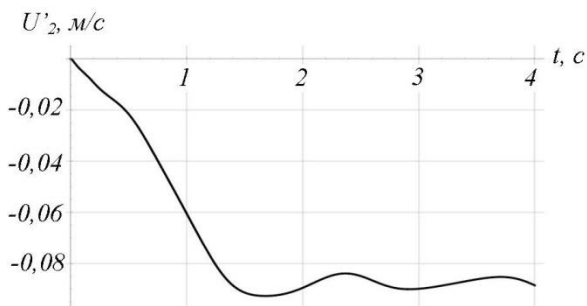


Рис. 8. Графік швидкості переміщення штоку гідроциліндра рукояті.

Fig. 8. Graph of the velocity of the cylinder rod of the handle.

Вихід на усталений рух стріли та рукояті (рис. 9-рис. 10) відбуваються у відповідності до виходу на усталений рух штоків силових гідроциліндрів, в подальшому супроводжується динамічними навантаженнями. Кутова швидкість переміщення стріли становить на початку усталеного руху 0,2 рад/с, при подальшому переміщенні має незначний зріст. Кутова швидкість розгортання рукояті на початку усталеного руху становить 0,58 рад/с, при подальшому переміщенні має незначний спад. Поступове зростання швидкості стріли та поступове зниження швидкості рукояті при усталеному русі викликане кінематичними параметрами крана-маніпулятора та відповідно коливальними рухом вантажу (рис. 13).

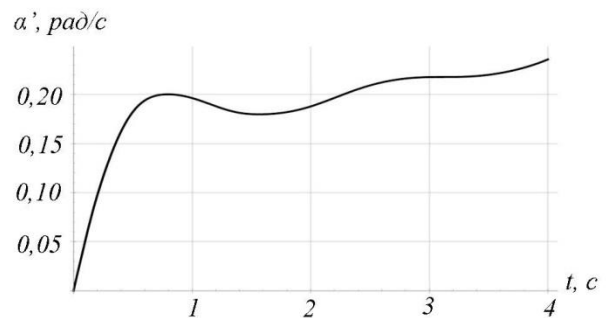


Рис. 9. Графік кутової швидкості стріли.
Fig. 9. Graph the angular velocity of the boom

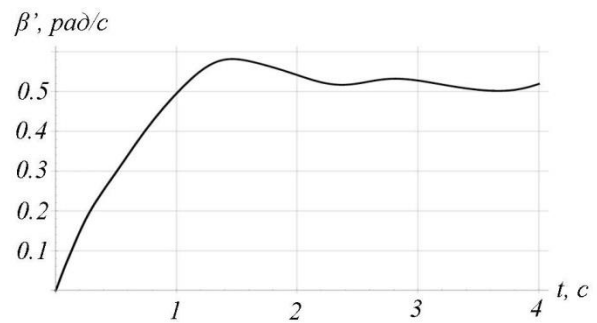


Рис. 10. Графік кутової швидкості рукояті.
Fig. 10. Graph the angular velocity of the handle.

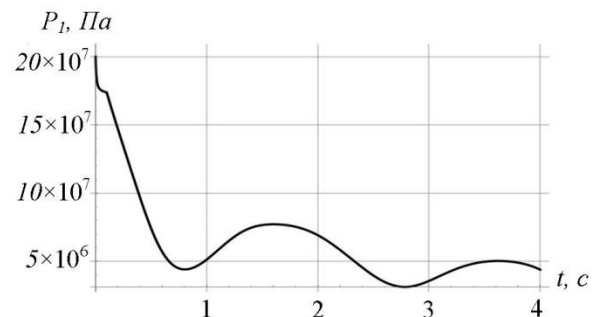


Рис. 11. Графік зміни тиску в гідроциліндрі підйому стріли.

Fig. 11. Graph of the pressure in the lift cylinder boom.

Із системи рівнянь (11) та виразів (24-25) визначено функціональну залежність зміни тиску в

робочих камерах гідроциліндрів в процесі одночасного переміщення стріли, рукояті та вантажу (рис. 11 – рис. 12). Як видно з графічних залежностей тиск на початку руху дорівнює $2 \cdot 10^7 \text{ Па}$, що відповідає тиску робочої рідини в гідросистемі. При подальшому переміщенні ланок стрілової системи і виходу її на усталений рух тиск в гідроциліндрі підйому стріли та розгортання рукояті становить приблизно $5 \cdot 10^6 \text{ Па}$, та супроводжується динамічними навантаженнями. Це спричинено інерційною складовою ланок стрілової системи та відповідно виникнення в ній та елементах приводу динамічних навантажень спричинених коливальним рухом вантажу (рис. 13).

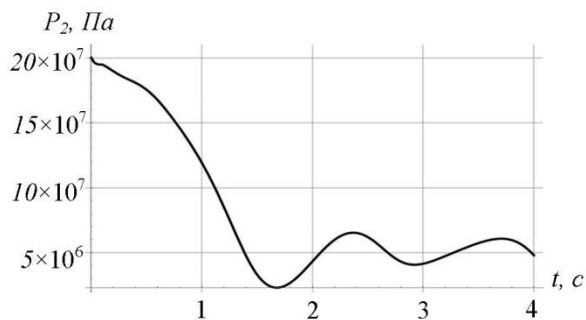


Рис. 12. Графік зміни тиску в гідроциліндрі приводу рукояті.

Fig. 12. Graph of the pressure in the hydraulic cylinder of the actuator handle.

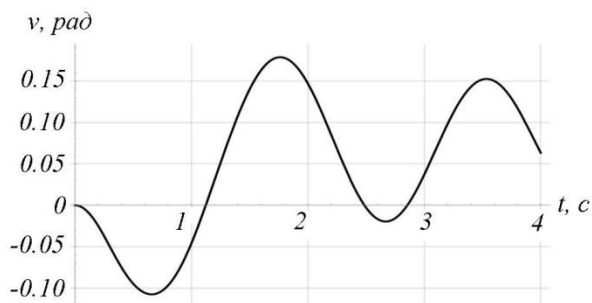


Рис. 13. Графік коливання вантажу.

Fig. 13. Graph of fluctuation of the load.

Враховуючи інерційні складові ланок стрілової системи та коливання тиску робочої рідини в силових гідроциліндрах, побудовано залежність коливання вантажу на кінці стрілової системи при одночасному переміщенні стріли та рукояті (рис. 13). Із наведеної графічної залежності можна побачити характерну відповідність відхилення захвату з вантажем від вертикалі (рис. 1) яка збігаються по часу із динамічними навантаженнями в елементах приводу (ри. 7 – рис. 8), ланках стрілової системи (ри. 9 – рис. 10) та коливанням тиску робочої рідини (рис. 11 – рис. 12). Виходячи з початкових умов на початку руху відхилення вантажу відсутнє. При виході на усталений рух стріли (рис. 9) відхилення вантажу становить $-0,11 \text{ рад}$, рукояті (рис. 10) відхилення становить $0,14 \text{ рад}$. Максимальне відхилення вантажу становить $0,18 \text{ рад}$ та має затухаючий характер.

Висновки

1. В результаті проведеного дослідження побудовано математичну модель динаміки зміни вильоту в площині підйому стрілової системи з вантажем крана-маніпулятора, за умови суміщення рухів стрілової системи.

2. Проведено динамічний аналіз механізму підйому стріли та одночасного переміщення рукояті з коливанням вантажу. Отримано графічні залежності динамічних навантажень в стріловій системі та елементах приводу крана-маніпулятора.

3. Запропонована математична модель дає змогу визначити дійсні динамічні навантаження в елементах конструкції маніпулятора та приводних механізмах. Отримані результати можна використати у подальшому практичному використанні.

Список літератури

1. Руководство по эксплуатации крана манипулятора ОМТЛ-70.00.000РЭ и его модификаций: веб-сайт URL: <http://service-palfinger.ru/images/OMTL-70.pdf> (Дата звернення 09.06.2019)
2. ПБ-10-257-98 Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов-манипуляторов. [Утвержден 31.12.98]. Гостехнадзор. Москва, 1998. 172 с. (Информация и документация)
3. Ковальский В. Ф. Математическое моделирование динамики манипуляционной системы мобильной транспортно-технологической машины с учетом упругости звеньев. Известия МАМИ. 2016. №3. С. 9-15.
4. Мильто А. А. Динамический и прочностной анализ гидравлических крано-манипуляторных установок мобильных транспортно-технологических машин: дисс. ... канд. техн. наук: Москва. МАДГТУ (МАДИ), 2016. 172 с.
5. Бакай Б. Я. Попереднє представлення рівняння динаміки маніпулятора методом Лагранжа-Ейлера. Науковий вісник НЛТУ України: Львів. Видавництво НЛТУ України, 2011. Вип. 21.18. С. 322–327.
6. Ловейкін В. С., Мищук Д. О. Математична модель динаміки зміни вильоту крана маніпулятора з жорсткими ланками. Техніка будівництва. Київ. КНУБА, 2006. Вип. №19. С. 26-29.
7. Ловейкін В. С. Мищук Д. О. Математичне моделювання зміни вильоту вантажу маніпулятором з гідроприводом. Гірничі, будівельні, дорожні і меліоративні машини. Київ. 2012. С. 9-15.
8. Лагєрев І. А. Моделирование рабочих процессов манипуляционных систем мобильных многоцелевых транспортно-технологических машин и комплексов. Брянск. РИО БГУ. 2016. 371 с.
9. Ловейкін В. С. Мищук Д. О. Експериментальне дослідження динаміки руху штока гідроциліндра підйому шарнірнозчленованої стрілової системи крана-маніпулятора з гідроприводом. Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини. 2011. № 78. С. 28-34.

10. Емтыль З. К., Бартнев Н. М., Татаренко А. П. О влиянии податливости рабочей жидкости и элементов гидропривода на динамическую нагруженность гидроманипулятора при совмещении движений звеньев. Труды ФОРА (Физического Общества Республики Адыгея) Майкоп: Изд-во АГУ, 2000. № 6. С. 83–87.

11. Емтыль З. К., Бартнев И. М., Драплюк М. В., Попиков П. И., Татаренко А. П., Бухтояров Л. Д. Гидроманипуляторы и лесотехническое оборудование: монография. Москва. ФЛИНТА: Наука, 2011. 408 с.

12. Добрачев А. А., Раевская Л. Т., Швец А. В. Кинематические схемы, структуры и расчет параметров лесопромышленных манипуляторных машин: монография. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2014. 128 с.

13. Мишук Д. О. Дослідження динамічної моделі гідравлічного циліндра об'ємного гідроприводу. Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини. 2016. № 87. С. 74-81.

14. Тертычный-Даури В. Ю. Динамика робототехнических систем. Санкт-Петербург. НИУ ИТМО, 2012. 128 с.

15. Заболотный К. С., Сирченко А. А., Жупиев А. Л. Использование прямой задачи динамики для расчета манипулятора тоннельного укладчика. Вібрації в техніці та технологіях. Національний гірничий університет. 2016. №2 (82). С. 22-27.

16. Dobrachev A. A., Raevskaya L. T., Shvets A. V. Simulating the dynamic reaction of manipulator supports. Russian Engineering Research. 2010. Vol. 30, No 1. P. 11-16.

17. Ловейкин В. С., Мишук Д. А. Синтез оптимального динамического режима движения стрелы манипулятора, установленного на упругом основании. НАУКА и ТЕХНИКА. 2019. Том 18. № 1. С. 55-61.

References

1. Operation manual of the crane of the OMTL-70.00.000RE manipulator and its modifications: website <http://service-palfinger.ru/images/OMTL-70.pdf> (Date beast 09.06.2019).

2. PB-10-257-98 (1998). Rules for the Construction and Safe Operation of loader crane [Approved 12.31.98]. Gostekhnadzor. (Information and documentation). Moscow.

3. Kovalsky V. F. (2016). Mathematical modeling of the dynamics of the handling system of a mobile transport-technological machine, taking into account the elasticity of the links. MAMI, №3, 9-15.

4. Milto, A. A. (2016). Dynamic and strength analysis of hydraulic crane-manipulators of mobile transport-technological machines (Unpublished candidate thesis). Moscow.

5. Vakai B. Ya. (2011). The previous presentation of the dynamic of the manipulator by the Lagrange-Euler method. Vidavnistvo NLTU Ukraine, 322 - 327. Lviv.

6. Loveykin V. S., Mishchuk D. O. (2006). Mathematical model of dynamics of change of departure of a crane of a manipulator with rigid links, Journal of Construction Engineering. KNUBA, №19, 26-29. Kyiv.

7. Loveykin V. S., Mishchuk D. O. (2012). Mathematical modeling of changes in cargo departure with a hydraulic drive. Girnichi, budivelni, dorozhni i meliorativni mashini, 9-15. Kyiv.

8. Lagerev I. A. (2016). Simulation of workflows of handling systems of mobile multi-purpose transport and technological machines and complexes. Monograph. RIO BGU, Bryansk

9. Loveykin V. S., Mishchuk D. O. (2011). Experimental study of dynamics of the stock of a hydraulic cylinder for lifting a hinged articulated boom system of a crane-manipulator with a hydraulic drive. Girnichi, budivelni, dorozhni i meliorativni mashini, №78, 28-34, Kyiv.

10. Emtyl Z. K., Bartenev N. M., Tatarenko A. P. (2000). About the influence of the flexibility of the working fluid and the elements of the hydraulic drive on the dynamic loading of the hydraulic manipulator when combining the movements of the links. Physical Society of the Republic of Adygea, №6, 83–87, Maikop.

11. Emtyl Z. K., Bartenev I. M., Draplyuk M. V., Popikov P. I., Tatarenko A. P., Bukhtoyarov L. D. (2011). Hydraulic manipulator and forestry equipment: monograph, FLINTA, Nauka, Moscow.

12. Dobrachev A. A., Raevskaya L. T., Shvets A. V. (2014). Kinematic schemes, structures and calculation of parameters of timber processing manipulator machines: monograph, Ural state forestry University Yekaterinburg.

13. Mishuk, D. O. (2016). Research of a dynamic model of a hydraulic cylinder of a volumetric hydraulic drive. Girnichi, budivelni, dorozhni i meliorativni mashini, №87, 74-81, Kyiv.

14. Tertychny-Dauri V. Yu. (2012). The dynamics of robotic systems. NRU ITMO.

15. Zabolotny, K. S., Sirchenko, A. A., Zhupiev, A. L. (2016). Use of the direct problem of dynamics for calculating the manipulator of a tunnel stacker. Vibration in technology and technology. National Mining University, №2 (82), 22-27.

16. Dobrachev A. A., Raevskaya L. T., Shvets A. V. (2010). Simulating the dynamic reaction of manipulator supports. Russian Engineering Research, №1, 11-16.

17. Loveykin V. S., Mishchuk D. A. (2019). Synthesis of the optimal dynamic mode of movement of the boom of the manipulator mounted on an elastic base. SCIENCE and TECHNOLOGY, Volume 18 №1, 55-61.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДИНАМИКИ ИЗМЕНЕНИЯ ВЫЛЕТА СТРЕЛОВОЙ СИСТЕМЫ КРАНА-МАНИПУЛЯТОРА С ГРУЗОМ ПРИ СОВМЕЩЕНИИ ДВИЖЕНИЙ

В. С. Ловейкин, Ю. А. Ромасевич, А. А. Сподоба

Аннотация. С целью повышения производительности и надежности крана-манипулятора с гидроприводом согласно нормативно-технической документацией, регламентирующей

безопасную эксплуатацию многозвенных кранов-манипуляторов, допускается совмещение движений с одновременным перемещением нескольких звеньев стреловой системы. В результате в работе рассмотрена методика построения математической модели в плоскости изменения вылета стреловой системы крана-манипулятора с грузом. Математическая модель построена с учетом трех одновременных движений, а именно, одновременного подъема стрелы, развертывание рукояти и колебательного движения захватного устройства с грузом. Рассчитано функции изменения кинематических и динамических характеристик стреловой системы при одновременном перемещении ее звеньев. Построение математической модели выполняется с применением уравнений Лагранжа второго рода. При этом за обобщенные координаты модели крана-манипулятора принято, угловые координаты положения звеньев стреловой системы и угловое отклонение груза. А механические характеристики привода, представленные в виде квадратичных зависимостей между действующими усилиями и скоростями перемещений штоков силовых гидроцилиндров. Управление элементами привода представлено в виде уравнений расхода рабочей жидкости с изменением площади проходного сечения золотникового гидравлического распределителя по линейному закону. В результате получено уравнение движения крана-манипулятора с учетом влияния инерционной составляющей каждого звена стреловой системы и влияния колебательного движения груза на динамические нагрузки элементов металлоконструкции и элементов гидравлического привода. Разработанная математическая модель позволяет теоретически определить влияние одновременного перемещения стрелы и рукояти на колебания груза, и влияние колебания груза на динамические нагрузки, возникающие в стреловой системе и элементах привода крана-манипулятора.

Ключевые слова: математическая модель, изменение вылета, совмещение движений, кран-манипулятор, уравнения Лагранжа второго рода, динамические нагрузки, колебания груза.

MATHEMATICAL MODEL OF DYNAMICS
VARYING THE RADIUS JIB SYSTEM LOADER
CRANE WITH LOAD AT ADJUSTMENT
MOVEMENT

V. S. Loveikin, Yu. O. Romasevich, O. O. Spodoba

Abstract. In order to improve the performance and reliability of the hydraulic loader crane according to the regulatory and technical documentation governing the safe operation of multi-link loader crane, it is allowed to combine movements with simultaneous movement of several links of the jib system. As a result, the paper considers the method of constructing a mathematical model in the plane of change of departure of the jib system of a link loader crane with a load. The functions of changing the kinematic and dynamic characteristics of the jib system while simultaneously moving its links are calculated. The construction of a mathematical model is performed using the Lagrange equations of the second

kind. In this case, for the generalized coordinates of the model of a loader crane, the angular coordinates of the position of the links of the jib system and the angular deviation of the load. And the mechanical characteristics of the drive, presented in the form of quadratic dependencies between the acting forces and the speeds of movement of the hydraulic-cylinder rod. The control of the drive elements is represented as equations of the working fluid flow rate with a change in the flow area of the spool hydraulic distributor according to a linear law. As a result, the equation of motion of the loader crane was obtained, taking into account the influence of the inertial component of each link of the jib system and the influence of the oscillatory movement of the load on the dynamic loads of the metal construction and the hydraulic drive elements. The developed mathematical model makes it possible to theoretically determine the effect of the simultaneous movement of the jib and arm on the oscillations of the load, and the effect of the oscillation of the load on the dynamic loads arising in the jib system and elements of the loader crane drive.

Key words: mathematical model, varying the radius, combination of movements, loader crane, Lagrange equations of the second kind, dynamic loads, load oscillations.

В. С. Ловейкін ORCID 0000-0003-4259-3900.

Ю. О. Ромасевич ORCID 0000-0001-5069-5929.

О. О. Сподоба ORCID 0000-0001-8217-866X.

УДК 536.24

CFD МОДЕЛЮВАННЯ КОМПАКТНОГО ПУЧКА ТРУБ ТА ВИВЕДЕННЯ КРИТЕРІАЛЬНОГО РІВНЯННЯ ЧИСЛА Nu

В. І. Троханяк

Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна.

Кореспонденція автора: trokhaniak_v@nubip.edu.ua.

Історія статті: отримано – грудень 2018, акцептовано – травень 2019.
Бібл. 20, рис. 5, табл. 2.

Анотація. При розробці нових типів конструкцій теплообмінних апаратів важливу роль відіграють такі фактори, як їх масогабаритні характеристики, ефективність теплопереносу через поверхню, що розділяє теплоносії, втрати тиску в трактах для кожного з теплоносіїв та інші параметри, які характеризують теплообмінний апарат.

Проведено CFD моделювання процесів тепло- і масопереносу в пучку труб при різних числах Re з компактною розміщенням труб використовуючи програмний комплекс ANSYS Fluent. В основі математичної моделі лежать рівняння Нав'є-Стокса, рівняння збереження енергії для конвективних течій та рівняння нерозривності. У розрахунках застосовано стандартну $k-\epsilon$ модель турбулентності. Отримано поля швидкостей, температур, тисків у досліджуваних каналах. Проаналізовано умови гідродинамічної течії в каналах та проведено оцінки інтенсивності теплопереносу між гарячим та холодним теплоносієм через стінку, що їх розділяє. На основі результатів CFD моделювання виведено критеріальне рівняння числа Nu яке може бути використане при інженерних розрахунках теплообмінних апаратів з компактними пучками труб.

Ключові слова: теплообмінний апарат, CFD моделювання, тепло- масообмін, пучок труб, число Nu .

Постановка проблеми

Пучки гладких циліндричних труб із шаховим та коридорним розташуванням широко використовуються в різних теплообмінних апаратах і пристроях енергетичних установок. Огляд літературних джерел та результатів значної кількості експериментальних досліджень тепло-гідродинамічних характеристик пучків гладких труб при поперечному їх обтіканні, у тому числі досліджень з тепловіддачі шахових пучків при числах Re показує, що такі пучки мають вищу тепловіддачу порівняно з коридорними пучками. Однак при цьому вони мають більш високий гідравлічний опір порівняно з коридорними пучками.

Слід зазначити, що поверхні такого типу, які використовуються в кожухотрубних

теплообмінниках, призводять до зростання їх маси та габаритів. Одним із шляхів покращення цих характеристик є застосування ребрення та інтенсификаторів теплообміну на конвективних поверхнях. Разом із тим, використання ребрених поверхонь та інтенсификаторів суттєво підвищує гідравлічний опір у трактах теплообмінника та вимагає для прокачування теплоносіїв використання насосів і вентиляторів більшої потужності. Перспективним напрямом зниження гідравлічного опору та інтенсифікації теплообміну на конвективних поверхнях теплообмінників є застосування гладких трубних пучків із компактною конфігурацією.

Тому розробка нових конструкцій кожухотрубних теплообмінників з компактними трубними пучками є актуальною і потребує свого вирішення.

Аналіз останніх досліджень

Найпоширенішими конструкціями теплообмінників, які переважно використовуються в теплообмінному устаткуванні, є рекуперативні апарати. За своїми конструктивними відмінностями рекуперативні теплообмінники розділяються на кожухотрубні та пластинчасті. Кожна з цих конструкцій має свої переваги та недоліки залежно від умов експлуатації, гідродинамічних та температурних режимів роботи. Для енергозберігаючих вентиляційних систем більш ефективними є теплообмінники кожухотрубного типу. При розробці нових типів конструкцій теплообмінних апаратів (ТА) важливу роль відіграють такі фактори, як їх масогабаритні характеристики, ефективність теплопереносу через поверхню, що розділяє теплоносії, втрати тиску в трактах для кожного з теплоносіїв та інші параметри, які характеризують теплообмінний апарат [1]. Крім оцінки вказаних факторів, використовують, наприклад, такий параметр як теплогідравлічна ефективність [2-5], що характеризує теплову продуктивність теплообмінника віднесено до одиниці потужності, необхідної для прокачування теплоносія в трасі теплообмінника.

У роботі розглядаються теплообмінники кожухотрубного типу, які мають нову конструкцію, що відрізняється від традиційних [6-8].

Одна з перших методик по безпосередньому визначенні місцевої тепловіддачі одиночного циліндра (труби) була запропонована Г. Н. Кружиліном і В. А. Швабом [9]. Михайловим Г. А. [10] де було детально вивчено зміну тепловіддачі по периметру труб в пучку при їх поперечному обтіканні повітрям.

Умови тепловіддачі пучків труб в потоках газу вивчалися в багатьох роботах, авторами яких були Антуфьев В. М., Кірпічов М. В. та інші дослідники [11-13]. В роботі Пошкаса П. С., Сурвила В. Ю. і Жукаускаса А. А. [14] вивчено механізми дії на тепловіддачу поперечно обтікаючих потоків повітря в різних рядах стиснутих шахових пучків з відносними кроками $a \times b (s_1/d \times s_2/d) = 1,5 \times 0,865$ і $1,25 \times 0,865$.

Критеріальні співвідношення числа Nu для визначення тепловіддачі трубних пучків були узагальнені в монографії Жукаускаса А., Макарявічюса В., Шланчяускаса А. [15], опублікованій в 1968 р. і доповненій Жукаускасом А. та Улинскасом Р. у 1986 [16].

Вище вивчені праці по визначенню тепловіддачі в повній мірі досліджені, які підходять до шахових і коридорних пучків труб теплообмінних апаратів. Усі виведені критеріальні рівняння є застарілими і потребують удосконалення.

Мета досліджень

Розробка нових конструкцій з компактним розміщенням пучків гладких труб при поперечному їх обтіканні теплоносіями та CFD моделювання процесів тепло- і масопереносу в каналах теплообмінника з подальшим виведенням критеріального рівняння числа Nu.

Результати досліджень

Розглянемо трубний пучок компактної конфігурації при поперечному їх обтіканні (рис.1). Геометрія розташування труб з діаметром $d=10$ мм є своєрідною, що відрізняється від традиційних шахових, коридорних. Відстань між трубами 5 мм. Товщина труби 1 мм. Матеріал труби «Сталь 3». На третій трубі, гранична умова «wall_L» і «wall_R», виставляємо джерело тепла в $2070,064$ Вт/м². Всі інші труби виставляємо температуру яка відповідає температурі на вході. Детальніше див. табл. 1. Для виведення критеріального рівняння числа Nu необхідно змінювати число Re, яке залежить від швидкості повітря на вході. Число Re змінювалось від 332 до 4946. Детальна методика для виведення числа Nu по кожній із CFD моделей описана у працях [6, 17, 18].

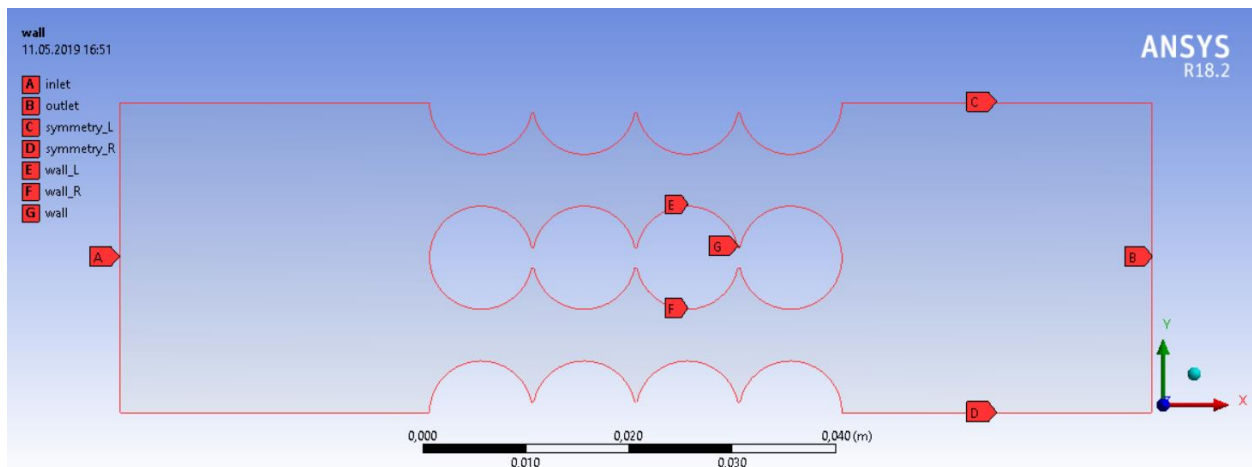


Рис. 1. Геометрія розташування пучка труб та позначення граничних умов для CFD моделювання.
Fig. 1. Geometry of the tube bundle and denote the boundary conditions for the CFD simulation.

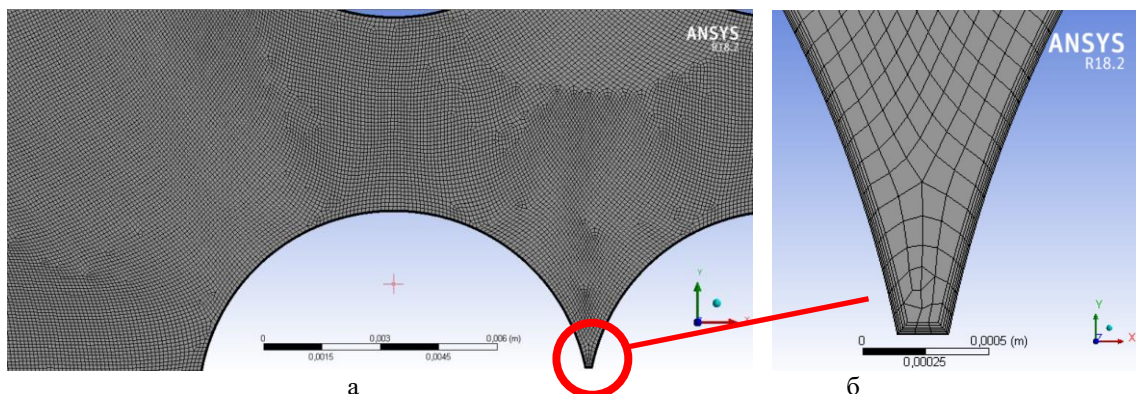


Рис. 2. Побудова чотирикутної сітки (а) МКЕ з межовим шаром (б).
Fig. 2. Construction of the quadrilateral mesh (a) FEM with boundary layer (b).

Таблиця 1. Параметри повітря на вході.**Table 1.** Parameters of the air inlet.

Параметр	Значення									
Швидкість повітря на вході, м/с	0,5	1,4	2,3	3,4	4	4,7	5,4	6	6,6	7,4
Температура повітря на вході, °C	17,1	16,2	16,7	16,4	16,1	15,6	15,5	15,5	15,5	15,5
Число Re	331,9	934,5	1530,5	2254,9	2658,4	3149,2	3609,0	4007,9	4409,9	4946,0

При чисельному розрахунку задач гідродинаміки і тепло- масопереносу використовується метод кінцевих елементів (МКЕ). Побудова сітки проводилася в сіткогенераторі ANSYS Meshing на базі платформи Workbench.

При побудові сітки для пучка труб усіх моделей використано локальне управління сіткою.

Побудова чотирикутної сітки (рис. 2 а) з використанням побудови межового шару методом загальної товщини (Total Thickness), товщиною першого шару $5 \cdot 10^{-5}$ м при кількості 6 шарів (див. рис. 2 б). Показник якості сітки Orthogonal Quality [19, 20] становить 0,55.

Мінімальний розмір елемента становить $1 \cdot 10^{-6}$ м. Максимальний розмір грані $1 \cdot 10^{-4}$ м. Кількість елементів становить близько 280 тис.

Проведено чисельне моделювання процесів тепло- і масопереносу в пучках труб компактної конфігурації, використовуючи пакет прикладних програм ANSYS Fluent.

В основі математичної моделі лежать рівняння Нав'є-Стокса [2] та рівняння конвективного переносу енергії. У розглянутому випадку вибрано стандартну k-ε модель турбулентності (KES) [3–5].

Рівняння Нав'є-Стокса, які описують масоперенос у каналах теплообмінника, мають вигляд:

рівняння руху:

$$\left. \begin{aligned} \rho \left(\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} \right) &= -\frac{\partial p}{\partial x} + \mu \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right); \\ \rho \left(\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} \right) &= -\frac{\partial p}{\partial y} + \mu \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right); \\ \rho \left(\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} \right) &= -\frac{\partial p}{\partial z} + \mu \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right); \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

де ρ – густина середовища, кг/м³; μ – динамічна в'язкість середовища, Па·с; p – тиск, Па; u, v, w – векторне поле швидкості; t – час, с.

рівняння нерозривності:

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0; \quad (2)$$

рівняння збереження енергії:

$$\rho C_p \left(V_x \frac{\partial T}{\partial x} + V_y \frac{\partial T}{\partial y} + V_z \frac{\partial T}{\partial z} \right) = \frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\lambda \frac{\partial T}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\lambda \frac{\partial T}{\partial z} \right), \quad (3)$$

де T – температура в деякій точці, К°; λ – коефіцієнт теплопровідності середовища, Вт/м·К°; C_p – питома теплоємність середовища, Дж/кг·К°.

Задаємо граничні умови (див. рис. 1.):

на вході:

$$x = 0; W = W_0; T = T_0 \quad (4)$$

на виході:

$$x = H; \partial W / \partial x = 0 \quad (5)$$

стінки труби:

$$T(x = x_{mp.en.})(y = y_{mp.en.}) = T_{ст.,0} \quad (6)$$

умови прилипання на стінці труби:

$$x = x_{mp.зов.}; y = y_{mp.зов.} \quad (7)$$

Для стандартної k - ε моделі турбулентності рівняння мають такий вигляд:

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho k) + \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho k u_i) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial x_j} \right] + G_k + G_b - \rho \epsilon - Y_M + S_k \quad (8)$$

і

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho \epsilon) + \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho \epsilon u_i) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\epsilon} \right) \frac{\partial \epsilon}{\partial x_j} \right] + G_{1\epsilon} \frac{\epsilon}{k} (G_k + G_{3\epsilon} G_b) - C_{2\epsilon} \rho \frac{\epsilon^2}{k} + S_\epsilon \quad (9)$$

де G_k – генерація турбулентності кінетичної енергії за рахунок градієнтів швидкості; G_b – генерація турбулентності кінетичної енергії за рахунок плавучості; Y_M – являє собою вклад дисипації яка коливається в стисливій турбулентності в загальній швидкості дисипації; $C_{1\epsilon}, C_{2\epsilon}$ і $C_{3\epsilon}$ – константи; σ_k і σ_ϵ – турбулентні числа Прантля для k і ϵ відповідно.

Результати чисельних розрахунків подано на рисунках 3–6. На рис. 3 наведено розподіл температурного поля в каналах трубного пучка.

Кількість тепла, яке виділяється третьою трубою є однаковим для усіх моделей. За рахунок збільшення потоку повітря в каналах пучків труб, температура є різною і становить від 288 °K (+15 °C) до 372 °K (+99 °C).

На рис. 4 наведено поле швидкостей у каналах теплообмінника.

Аналіз отриманого поля швидкостей показує, що максимальні значення швидкості потоку спостерігаються між трубами у найвужчому перерізі.

В окремих точках каналу швидкість повітря досягає 24,44 м/с при Re=4946, а середня швидкість повітря у найвужчому поперечному перерізі каналу становить близько 22,19 м/с (рис. 4 г).

Детальні результати CFD моделювання наведено в таблиці 2.

На рис. 5 також показано розподіл векторів швидкості на виході пучка труб. У верхній точці труби відбувається відрив межового шару, а на стику сусідніх труб є застійна зона.

В цій зоні спостерігається відривний вихор, в яких швидкість потоку суттєво менша, ніж в основному потоці.

Порівнюючи отримані результати поля швидкостей повітря (див. рис. 4-5), гідродинаміка потоку повітря в каналах є однаковою.

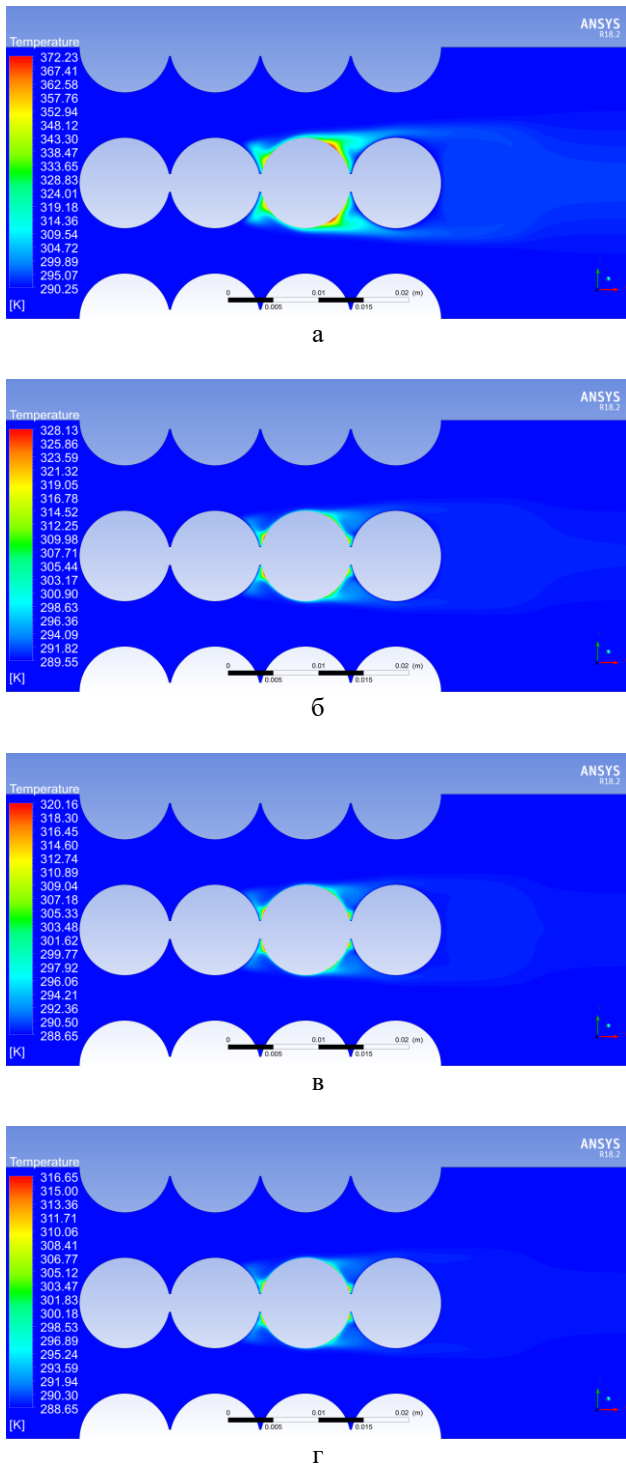


Рис. 3. Розподіл температур в пучку труб при різних числах Re, °K: а – Re=332; б – Re=2255; в – Re=3609; г – Re=4946.

Fig. 3. Temperature distribution in the beam pipes at different numbers Re, °K

Критеріальне рівняння числа Nu використовується в інженерних розрахунках теплообмінних апаратів. Дане рівняння характеризує інтенсивність переходу теплоти (теплопередачі) на границі потік-стінка для стаціонарних процесів конвекційного теплообміну в однофазній нестисливій рідині з постійними (окрім густини) фізичними властивостями. Залежність $Nu=f(Re, Pr)$ можна трактувати таким чином: кількість тепла, яке

переноситься (Nu) залежить від виду швидкісного поля (Re) і його зв'язку з полем температур (Pr). Таким чином, вивішивши рівняння регресії, отримаємо наступне:

$$Nu = 1,46 \cdot Re^{0,54} \cdot Pr^{1,19} \quad (10)$$

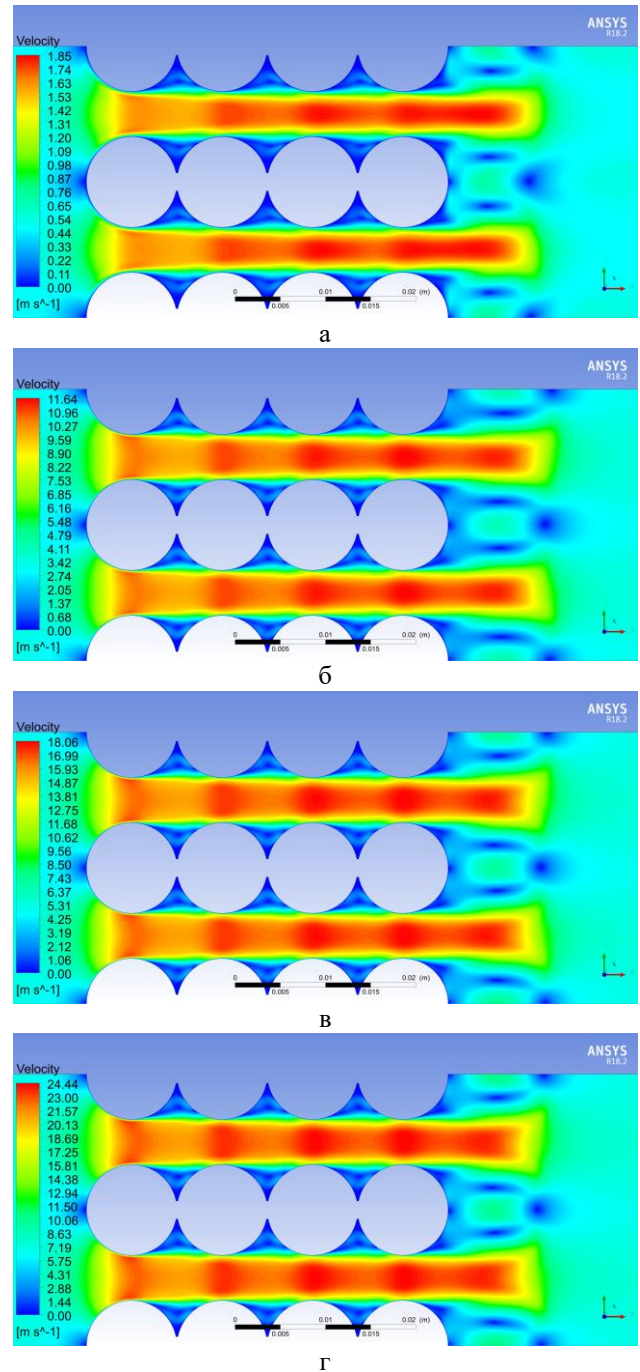


Рис. 4. Поле швидкостей в пучку труб при різних числах Re, м/с: а – Re=332; б – Re=2255; в – Re=3609; г – Re=4946

Fig. 4. Velocity field in the beam pipes at different numbers Re, м/с

Похибка рівняння (10) не виходить за межі 6% відносно CFD моделювання компактного пучка труб, результати яких подані в таблиці 2. Дане рівняння може бути використане лише при Re від 300 до 5000 та Pr від 0,7029 до 0,7033.

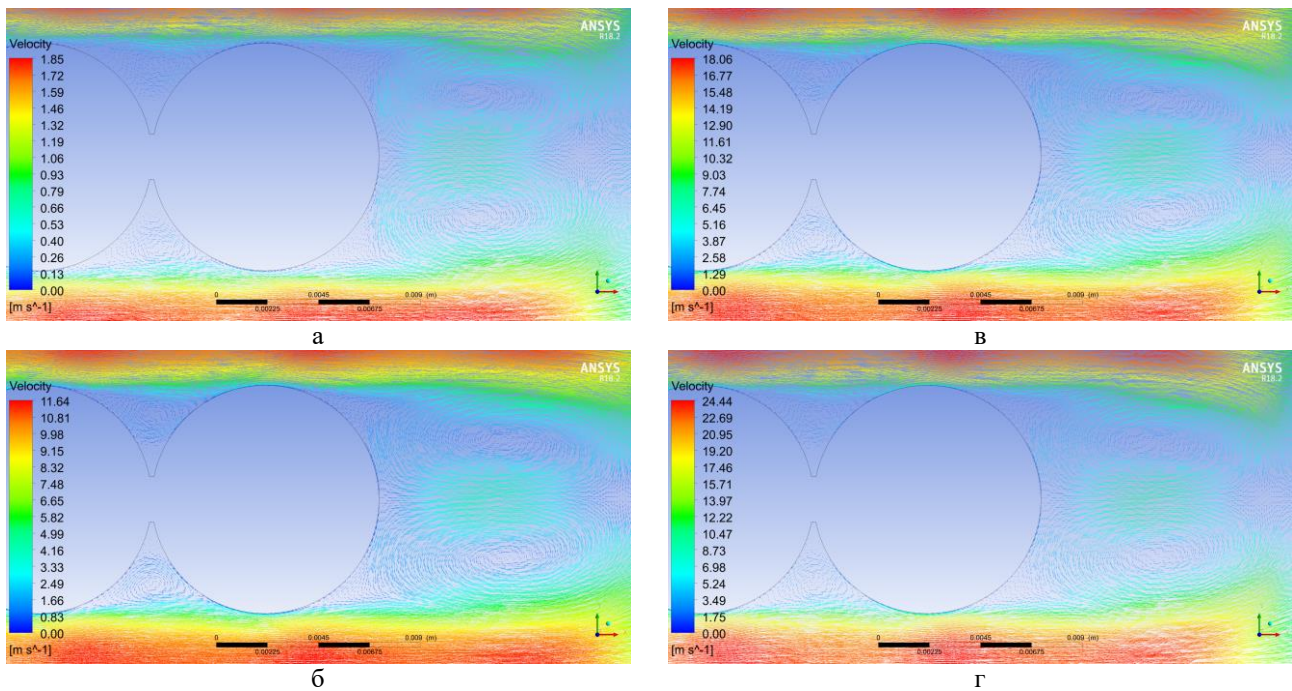


Рис. 5. Вектор швидкості в пучку труб при різних числах Re , м/с: а – $Re=332$; б – $Re=2255$; в – $Re=3609$; г – $Re=4946$.

Fig. 5. Velocity vector in the beam pipes at different numbers Re , m/s

Таблиця 2. Результати CFD моделювання компактного пучка труб.

Table 2. The results of CFD modelling of compact tube bundle.

Параметр	Значення									
Число Рейнольда (Re)	331,9	934,5	1530,5	2254,9	2658,4	3149,2	3609,0	4007,9	4409,9	4946,0
Середня швидкість повітря в найвужчому перерізі канату, м/с	1,506	4,205	6,903	10,201	11,999	14,096	16,195	17,993	19,792	22,188
Середня температура на стінці з труби, °C	63,584	44,031	38,334	33,905	32,033	30,056	28,766	27,914	27,181	26,355
Коефіцієнт тепловіддачі трубного пучка, Вт/м ² К	59,377	99,173	127,58	157,67	173,24	190,93	208,06	222,36	236,29	254,27
Число Прандтля (Pr)	0,703	0,7032	0,7031	0,7029	0,703	0,7033	0,70323	0,70324	0,70325	0,70326
Число Нуссельта (Nu)	22,668	37,979	48,782	60,172	66,187	73,233	79,678	85,179	90,514	97,413

Висновки

1. Запропоновано та розроблено нову конструкцію компактного розташування труб у трубних пучках теплообмінного апарата.

2. Проведено CFD математичне моделювання процесів тепло- і масопереносу в каналах пучків труб із використанням програмного комплексу ANSYS Fluent. Отримано поля швидкостей та температур у досліджуваних каналах. Проаналізовано умови гідродинамічної течії в каналах та процесів переносу теплоти в цих каналах.

3. На основі результатів CFD моделювання виведено критеріальне рівняння числа Nu яке може бути використане при інженерних розрахунках теплообмінних апаратів з компактними пучками труб. Дане рівняння має похибку до 6%.

Список літератури

1. Жукаускас А. А. Конвективный перенос в теплообменниках. Москва. Наука, 1982. 472 с.

2. *Горобець В. Г.* Теплогідрравлічна ефективність поверхонь з інтенсифікаторами теплообміну та оребренням. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2010. № 148. С. 46-56.

3. *Халатов А. А., Онищенко В. Н., Борисов И. И.* Аналогия переноса теплоты и количества движения в каналах с поверхностями генераторами вихрей. Доклады НАН Украины. Киев. 2007. № 6. С. 70-75.

4. *Горобець В. Г., Троханяк В. І.* Моделювання процесів переносу та теплогідрравлічна ефективність кожухотрубного теплообмінника з компактним розташуванням пучків труб. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2014. Вип. 194, ч. 2. С. 147-155.

5. *Троханяк В. І., Богдан Ю. А.* Оценка теплогидравлической эффективности кожухотрубного теплообменного аппарата с компактным размещением труб в пучках на основе компьютерного численного моделирования процессов тепломассопереноса: [электронный ресурс]. APRIORI. Серія: естественные и технические науки. 2015. № 6. Режим доступа к ресурсу: <http://apriori-journal.ru/seria2/6-2015/Trokhanyak-Bogdan2.pdf>.

6. *Троханяк В. І.* Визначення коефіцієнта тепловіддачі при чисельному моделюванні трубного пучка. Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. Мелітополь. 2015. Вип. 15, Т. 2. С. 332-337.

7. *Горобець В. Г., Троханяк В. І.* Экспериментальне дослідження теплообмінного апарата нової конструкції: [електронний ресурс]. Енергетика і автоматика. 2015. Режим доступу до ресурсу: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Energiya/article/viewFile/5247/5160>.

8. *Горобець В. Г., Богдан Ю. О., Троханяк В. І.* Теплообмінне обладнання для когенераційних установок. Київ. ЦП «Компринт», 2017. 203 с.

9. *Троханяк В. І.* Побудова сітки ANSYS Meshing для CFD моделей методом кінцевих елементів. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2015. Вип. 209, ч. 2. С. 244-249.

10. *Троханяк В. І., Богдан Ю. О.* Застосування методу кінцевих елементів при побудові сітки в Ansys Meshing для CFD моделей. Вісник Приазовського державного технічного університету. Серія «Технічні науки». 2015. Вип. 30, Т. 2. С. 181-189.

11. *Кружилин Г. Н., Шваб В. А.* Исследование поля на поверхности круглого цилиндра, омываемого поперечным потоком воздуха, в интервале значений критерия Рейнольдса $21 \cdot 10^3$. Журнал технической физики, 1935. Т. 5, № 4. С. 707-710.

12. *Михайлов Г. А.* Конвективный теплообмен в пучках труб. Советское котлотурбостроение, 1939. № 12. С. 434-437.

13. *Антуфьев В. М., Белецкий Г. С.* Теплоотдача и аэродинамическое сопротивление трубчатых поверхностей в поперечном потоке. Москва. Машиздат, 1948. 123 с.

14. *Кирпичев М. В., Михеев М. А.* Моделирование тепловых устройств. Москва. Ленинград. Изд-во. АН СССР, 1936. 320 с.

15. *Haley D. C.* Evaporative cooling, now-anywhere. ASHRAE Trans. Symp. Pap. Calif., 19-22 Jan. 1986. V. 92. Pt. IB. P. 901-909.

16. *Пошкас П. С., Сурвила В. Ю., Жукаускас А. А.* Местная теплоотдача трубы в поперечно обтекаемых потоком воздуха сжатых шахматных пучках при больших Re. Труды Академии наук Литовской ССР. Ссерия Б. 1977. Т. 4 (101). С. 73-79.

17. *Жукаускас А., Макарявичюс В., Шланчяускас А.* Теплоотдача пучков труб в поперечном потоке жидкости. Вильнюс: Минтис, 1968. 192 с.

18. *Жукаускас А., Улинскас Р.* Теплоотдача пучков труб в поперечном потоке жидкости. Вильнюс: Мокслас, 1986. 204 с.

19. *Троханяк В. І., Антипов С. О., Богдан Ю. О.* Розробка та чисельне моделювання теплообмінного обладнання нової конструкції для систем підтримання мікроклімату у птичниках. Інженерія природокористування. 2018. №1(9). С. 48-56.

20. *Троханяк В. І., Горобець В. Г.* Математичне моделювання теплообмінного апарата з шаховим та компактним розташуванням труб в трубному пучку. Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. Мелітополь. 2015. Вип. 15, Т. 4. С. 142-149.

References

1. *Zukuskas A. A.* (1982). Convective transfer in heat exchangers. Moscow: Nauka. 472.

2. *Gorobets V. G.* (2010). Thermohydraulic efficiency of surfaces with heat exchange and sharpening intensifiers. In Scientific Bulletin of National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. "Technologies and Power Engineering", vol. 148, 46-56.

3. *Khalatov A. A., Onishchenko V. N., Borisov I. I.* (2007). Analogy of the transfer of heat and momentum in channels with surfaces of vortex generators. Reports of the National Academy of Sciences of Ukraine. Kyiv. 2007, vol. 6, 70-75.

4. *Gorobets V. G., Trokhanyak V. I.* (2014). Modeling of transfer processes and thermal-hydraulic efficiency of a shell heat exchanger with a compact arrangement of pipe beams. In Scientific Bulletin of National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. "Technologies and Power Engineering", vol. 194, no 2, 147-155.

5. *Trokhaniak V. I., Bohdan Yu. O.* (2015). Evaluating of thermal-hydraulic efficiency shell-and-tube heat exchanger with the compact arrangement of the tube bundles on the basis of the computer numerical simulation of process of heat and mass transfer. APRIORI Series "Natural and technical sciences." vol. 6.

Resource Access Mode: <http://apriori-journal.ru/seria2/6-2015/Trokhanyak-Bogdan2.pdf>.

6. Trokhaniak V. I. (2015). Definition of coefficient of heat transfer numerical simulation tube bundle. Proceedings of the Tavria State Agrotechnological University. vol. 15, no 2, 332–337.

7. Gorobets V. G., Trokhaniak V. I., Bohdan Yu. O. (2015). Experimental study heat exchanger new design. Power engineering and automation. Resource Access Mode: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Energiya/article/viewFile/5247/5160>.

8. Gorobets V. G., Bohdan Yu. O., Trokhaniak V. I. (2018). Heat-exchange equipment for cogeneration plants. Kyiv. PC «Komprint, 198.

9. Trokhaniak V. I. (2015). Construction mesh in ANSYS MESHING models for CFD finite elements method. In Scientific Bulletin of National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. “Technologies and Power Engineering”, vol. 209, no 2, 244–249.

10. Trokhanyak V. I., Bogdan Yu. O. (2015). The finite element method in making up meshes in ANSYS Meshing for CFD models. In: Bulletin of Pryazovslyi State Technical University. vol. 30, no. 2, 181–189.

11. Kruzhilin G. N., Schwab V. A. (1935). Field study on the surface of a circular cylinder washed by a transverse air flow in the range of values of the Reynolds criterion. $21 \cdot 10^3$. Journal of Technical Physics. vol. 5, no 4, 701-710.

12. Mikhailov G. A. (1939). Convective heat transfer in bundles of pipes. Soviet Kotloturbostroenie. 1939, vol. 2, 434–437.

13. Antufiev V. M., Beletsky G. S. (1948). Heat transfer and aerodynamic resistance of tubular surfaces in the transverse flow. Moscow. Mashizdat. 123.

14. Kirpichev M. V., Mikheev M. A. (1936). Simulation of thermal devices. Moscow. Publishing House. USSR Academy of Sciences. 320.

15. Haley D. C. (1986). Evaporative cooling, now-anywhere. ASHRAE Trans. Symp. Pap. Calif., 19-22 jan. vol. 92. 901-909.

16. Poskas P. S., Survila V. Yu., Zukauskas A. A. (1977). Local heat transfer of a tube in a compact staggered banc of tubes in cross-flow of air at high Re. Works of the Academy of Sciences of the Lithuanian SSR. - Series B. vol. 4, no 101, 73-79.

17. Zukauskas A., Makarevicius V., Slanciauskas A. (1968). Heat transfer in banc of tubes in cross-flow of fluid. Vilnius. Mintis. 192.

18. Zukauskas A., Ulinskas R. (1986). Heat transfer in banc of tubes in cross-flow. Vilnius. Mokslas. 204.

19. Trokhaniak V. I., Antipov I. O., Bohdan Yu. O. (2018). Development and numerical simulation of new design heat exchange equipment for microclimate maintenance systems in poultry houses. Scientific journal Kharkiv Petro Vasylenko National Technical University of Agriculture «Engineering of nature management». vol. 1, no 9, 48-56.

20. Trokhanyak V. I., Gorobets V. G. (2015). Mathematical modeling of heat-exchange apparatus with staggered and compact arrangement of tubes in the tube bundle. Proceedings of the Tavria State Agrotechnological University. vol. 15, no 4, 142-149.

CFD МОДЕЛИРОВАНИЯ КОМПАКТНОГО ПУЧКА ТРУБ И ВЫВОД КРИТЕРИАЛЬНОГО УРАВНЕНИЯ ЧИСЛА Nu

В. И. Троханяк

Аннотация. При разработке новых типов конструкций теплообменных аппаратов важную роль играют такие факторы, как их массогабаритные характеристики, эффективность теплопереноса через поверхность, разделяющую теплоносители, потери давления в трактах для каждого из теплоносителей и другие параметры, которые характеризуют теплообменный аппарат.

Проведения CFD моделирования процессов тепло- и массопереноса в пучке труб при различных числах Re с компактным размещением труб используя программный комплекс ANSYS Fluent. В основе математической модели лежат уравнения Навье-Стокса, уравнения сохранения энергии для конвективных течений и уравнение неразрывности. В расчетах применены стандартную k-ε модель турбулентности. Получены поля скоростей, температур в исследуемых каналах. Проанализированы условия гидродинамических течений в каналах и проведения оценки интенсивности теплопереноса между горячим и холодным теплоносителем через стенку, разделяющую их. На основе результатов CFD моделирования выведено критериальное уравнение числа Nu которое может быть использовано при инженерных расчетах теплообменных аппаратов с компактными пучками труб.

Ключевые слова: Теплообменный аппарат, CFD моделирования, тепло- массообмен, пучок труб, число Nu.

CFD MODELING OF COMPACT BUNDLE OF TUBES AND OUTPUTTING THE CRITERION EQUATION OF Nu NUMBER

V. I. Trokhaniak

Abstract. In the development of new types of designs of heat-exchange units, factors such as their mass-overall characteristics, the efficiency of heat transfer through the surface separating the heat carrier, the loss of pressure in the tract for each of the heat-carrier and other parameters characterizing the heat-exchange apparatus play an important role.

The CFD modeling of heat and mass transfer processes in a bundle of pipes at various Re numbers with a compact pipe arrangement was carried out using the ANSYS Fluent software complex. The basis of the mathematical model is the Navier-Stokes equation, the energy conservation equation for convective currents and the continuity equation. In the calculations, a standard k-ε turbulence model was used. The fields of velocities, temperatures, and pressure in the studied channels are obtained. The conditions of the hydrodynamic flow in the channels are analyzed and the heat transfer intensity measurements between the hot and cold coolant through the wall that separates them are carried out. On the basis of the results of CFD simulation a criterion equation Nu is derived which can be used for engineering calculations of heat exchangers with compact bundles of pipes.

Key words: Heat Exchanger, CFD Modeling, Heat-Mass Transfer, Tube Bundle, Number Nu.

В. І. Троханяк ORCID 0000-0002-8084-1568.

UDC 662.767.2:637.043

INVESTIGATION OF PROCESS OF BIODIESEL PRODUCTION FROM TECHNICAL FATS

M. M. Mushtruk

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

Corresponding author: mixej.1984@ukr.net

Article history: Received: March 2019. Received in the revised form: April 2019. Accepted: May 2019.
Bibl. 10, fig. 5, tabl. 0.

Abstract. Pre-cleaned technical animal fats are harmful to health, as they are not environmentally friendly and not suitable for recycling. The best solution is to use them for industrial purposes, namely the conversion to biodiesel. The purpose of this study is to improve the technology for the production of biodiesel from industrial animal fats under laboratory conditions and to conduct tests on the obtained samples. The most important operations of the process of obtaining biodiesel from animal waste fats are considered. The influence of the quality of fatty raw materials on the composition of liquid biodiesel has been evaluated and initial requirements for raw materials have been developed. It has been established that the moisture content of the raw material has a decisive influence on the mechanism of the transesterification of triglycerides into fatty acid methyl esters, which, according to their performance, are close to petroleum diesel fuel. Free fatty acids in raw materials in combination with water make the process ineffective. As a result of scientific research, the technology of production of biodiesel from waste vegetable oils and animal fats has been substantiated and its hardware has been proposed. According to the results of laboratory studies, the possibility of obtaining a quality product that meets modern operational requirements for biodiesel, which can be used in engines without significant re-equipment, is established.

Key words: biodiesel, technical animal fats, raw materials, esterification, separation, transesterification, alternative energy resources, production technology, standard.

Introduction

Technical animal fats have always been an environment problem in food factories. Converting the technical animal fats (TAF) into biodiesel will reduce this problem. This project will not only save environment but also cost.

Biodiesel is an alternative diesel fuel derived from vegetable oils or animal fats. The main components of vegetable oils and animal fats are triglycerides or also known as ester of fatty acid attached to glycerol. One of the main driving force for biodiesel widespread is the greenhouse gas emission (CO₂ being the major one). The term TAF refers to vegetable oil has been in food

production and which is no longer viable for its intended use. TAF arises from many different sources, including domestic, commercial and industrial. TAF is a potentially problematic waste stream which requires proper management. The disposal of TAF can be problematic when disposed incorrectly [1-4, 7-10].

Any fatty acid sources may be used to produce biodiesel. Therefore, any animal or plant lipid should be ready substrate for the production of biodiesel. The use of edible vegetable oils and animal fats for biodiesel production has recently been of great concern because they compete with food material- the food versus fuel dispute. There are concern that biodiesel feedstock may compete with food supply in the long term. From an economic point of view; the production of biodiesel is very feedstock sensitive. The cost of feedstock accounted for 88 % of total estimated production cost. In all cases, more than 80% of the production cost is associated with the feedstock, such as recycled cooking oils. Reusing of these waste greases not only reduce the burden of the government in disposing the waste, maintaining public sewers, and treating the oily wastewater, but also lower the production cost of biodiesel significantly [1, 5-10].

Analysis of recent research results

This project is aimed to develop a simple small plant to process the technical animal fats to biodiesel and use it in the factory [1, 2, 7, 10].

Feedstock technical animal fats. Biodiesel can be produced from any material that contains fatty acids, be they linked to other molecules or present as free fatty acids. Thus various vegetable fats and oils, animal fats, waste greases, and edible fats processing wastes can be used as feed stocks for biodiesel production. The choice of feedstock is based on such variables as local availability, cost, government support and performance as a fuel. The primary feedstock is a vegetable oil or animal fat, biodiesel is generally considered to be renewable. Since the carbon in the oil or fat originated mostly from carbon dioxide in the air, biodiesel is considered to contribute much less to global warming than fossil fuels. Diesel engines operated on biodiesel have lower emissions of carbon monoxide, unburned hydrocarbons, particulate matter, and air toxics than when operated on petroleum-based diesel fuel [3, 7-10].

Biodiesel from technical animal fats (TAF) can reduce the cost of biodiesel production since the feedstock costs constitutes approximately 70-95% of the overall cost of biodiesel production [6]. Although biodiesel cannot entirely replace petroleum-based diesel fuel, there are at least five reasons that justify its development.

- It provides a market for excess production of vegetable oils and animal fats.

- It decreases, although will not eliminate, the country's dependence on imported petroleum.

- Biodiesel is renewable and does not contribute to global warming due to its closed carbon cycle. A life cycle analysis of biodiesel showed that overall CO₂ emissions were reduced by 78 % compared with petroleum-based diesel fuel [7, 10].

- The exhaust emissions of carbon monoxide, unburned hydrocarbons, and particulate emissions from biodiesel are lower than with regular diesel fuel. Unfortunately, most emissions tests have shown a slight increase in oxides of nitrogen (NO_x). When added to regular diesel fuel in an amount equal to 1–2 %, it can convert fuel with poor lubricating properties, such as modern ultra-low-sulfur diesel fuel, into an acceptable fuel [7, 10].

Results of research

Fig. 1 describes the steps, processes and methods used to produce biodiesel product. This process started from free fatty acid to determine acid value and step of process. Second process is drying to remove water in FAME and last process is properties physical to determine contents of FAME.

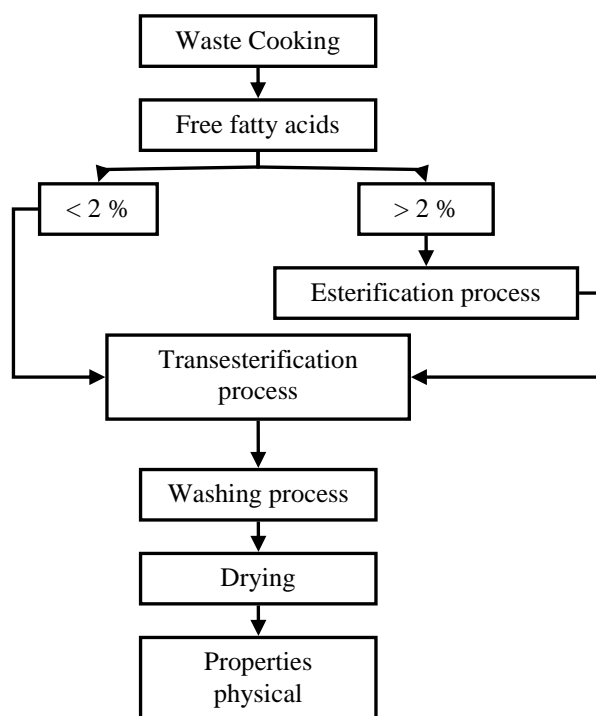


Fig. 1. Flow Chart to Produce Biodiesel from TAF [7, 10]

Feedstock Technical animal fats. Based on Fig. 1 it is recognized that the production of technical animal fats will be the function of the frying temperature and length of use as well as the material used for frying. In this experiment, TAF were collected from a local Factory, which produced chip cracker as well as continental foods. The used fat sample was taken from the fryer which is used for frying potatoes and other vegetables based food items. Twenty-five liters of fats samples were collected from a collecting drum in which the TAF was collected once in every day for approximately 1 week. The fats sample is assumed to be representative as it is collected from the fats stored for 8-10 weeks from several batches of waste fat. The temperature observed during frying was in the range of 110 °C to 155 °C. This temperature is comparable with the temperature (120 °C...170 °C) for preparing French fries [7-10]. However, it was found difficult to read the temperature in boiling fats which gives approximately 5-10 % error. Depending on the quantity of food used for frying, the fats were discarded sometimes at the end of each day and sometimes once in two or three days.

Free Fatty Acids. Flow chart in Fig. 1 shows the relation between FFA and process. Which FFA less than 2 %, the process can directly to transesterification process and while FFA more than 2 % it need to start from esterification process to reduce FFA. The acid value of the technical animal fats was determined in order to estimate the free fatty acid content and give an idea of how much acid catalyst and methanol would be needed to push the acid esterification chemical towards methyl ester production. In earlier published research it was recommended that 0.5 - 1.5 % (based on the weight of free fatty acid in the fat) of pure (95-98 %) sulphuric acid should be used as a catalyst.

Acid value titration method was used according to BP monograph [9-10].

Processing in Biodiesel. Biodiesel has two main stage process is esterification and transesterification process. Separation was used to separate two layer between catalyze and fat. Washing process to produce the neutral biodiesel and remove catalyzes glycerol, soap and methanol.

1) *Esterification.* Based on flow chart in Fig. 1 esterification is one of process in biodiesel. It work to reduce FFA if FFA more than 2%. An acid-catalyzed esterification process before the base-catalyzed transesterification process will eliminate most of the free fatty acids from the fat. Sulphuric acid (95 – 98%) is used by 1% in esterification process depend from waste cooking. In these experiments the sulphuric acid was first mixed with methanol before adding to the waste cooking fat. After adding the methanol / sulphuric acid and technical animal fats the agitator speed were used to mix the solvents until they became murky. This was then heated to about 60 °C for 2 hours. A higher temperature or a faster stirring rate may push the acidic esterification equation to convert free fatty acid to methyl ester.

2) *Separation 1.* Separation needed 3hour to get the top methanol and bottom fats layers of the biodiesel. Two layers could clearly be seen in the successful basic esterification biodiesel. The top layer was mainly methanol. The bottom layer was mainly triglyceride

product esterification after remove the water. These processes to reduce free fatty acid until below 2 %. The density of the methanol is less than the bottom triglyceride.

3) *Transesterification*. Transesterification process work as to reduce viscosity in biodiesel. This process can be directly if FFA less than 2% show in fig. 1. Sodium hydroxide was used as catalyst in this process. The amount of catalyst had an impact in the conversion of esters during the transesterification process. The reaction was carried out using 1% of catalyst concentration. Before transesterification process Sodium hydroxide was first mixed with methanol together in one container before adding to the waste cooking fat. After adding the methanol / sodium hydroxide and technical animal fats the agitator speed were used to mix the solvents until they became murky. This was then heated to about 60 °C for 2 hours.

4) *Separation 2*. Transesterification process and any methanol evaporation the resultant biodiesels were left to lie for at least 8 hours. Separations were used to separate the top (methyl ester) and bottom (glycerol) layers of the biodiesel samples. Two layers could clearly be seen in the successful basic transesterification biodiesel samples. The top layer was mainly composed of free fatty acid methyl esters. The bottom deposit was mostly made up of glycerol, salts, soap, other impurities and excess methanol as it is a very polar compound i.e. it partitions more with polar glycerol as opposed to the non-polar methyl esters.

5) *Washing*. The top methyl ester layer was separated and removed from every production sample. The water washing process was then used on some of the biodiesel batches. Once separated from the glycerin the biodiesel is sometimes purified by washing gently with warm water to remove residual catalyst or soaps, dried, and sent to storage. In some processes this step is unnecessary. This is normally the end of the production process resulting in a clear amber-yellow liquid with a viscosity similar to petro diesel. In some systems the biodiesel is distilled in an additional step to remove small amounts of color bodies to produce a colorless biodiesel.

Esterification process:

Fig. 2 shows the separation between methanol and triglycerin:



Fig. 2. Esterification process result [7].

▪ At the top will be presence methanol and at the bottom show triglycerin.

▪ Involves the reaction of alcohol (such as methanol) with fatty acids as catalyzed to reduce the levels of FFA in the low-cost feedstock's to an acceptable range.

▪ Reaction between acids and alcohols in the presence of strong acid catalyst.

▪ Produce ester and water free fatty acid of material must be less than 2%.

It needs to use methanol and Sodium Hydroxide as catalyst:

▪ Fig. 3 show two layer separation between glycerol and FAME.

Transesterification Process



Fig. 3. Transesterification process result.

▪ Reduce the high viscosity of triglyceride (TG).

▪ Methanol and catalyst produce methyl ester and glycerol involves the reaction of alcohol (methanol) with fat.

Fig. 4 shows separation between water and FAME.

Washing & Distillation Process



Fig. 4. Washing & distillation process result.

▪ To remove small amounts of colour bodies to produce a colourless biodiesel it need washing many time *Biodiesel*

▪ To obtain pure methyl esters (Biodiesel/ FAME)

▪ To remove soap, catalyst, methanol and other pollutants of biodiesel, using water

▪ If the washing is not complete, it will be repeated by esterification and transesterification or washing.

- At the top will be presence FAME and the at bottom is glycerol.
- Reduce the high viscosity of triglyceride (TG).
- Methanol and catalyst produce methyl ester and glycerol involves the reaction of alcohol (methanol) with fat.

Fig. 4 shows separation between water and FAME.

- To remove small amounts of colour bodies to produce a colourless biodiesel it need washing many time *Biodiesel*
- To obtain pure methyl esters (Biodiesel/ FAME)
- To remove soap, catalyst, methanol and other pollutants of biodiesel, using water
- If the washing is not complete, it will be repeated by esterification and transesterification or washing.
- Biodiesel can show in fig. 5 which left is raw material and right is biodiesel.
- The percentage of biodiesel around 68-70% can be produce.
- Increase in the molar ratio the conversion of TAF to FAME decrease.



TAF



Biodiesel

Fig. 5. TAF to biodiesel [7].

- At the same time, the waste can be converted to useable energy, pollution due to technical animal fats can be avoided, and energy can be continuously saved and renewed.

Drying. After washing water still have inside biodiesel. Then the water must be removed from the biodiesel using drying at 120 °C for 24 hour.

Properties are one of method to determine the standard of biodiesel. Biodiesel can check using density, viscosity, flash point, acid value and water content.

Equipment for testing kinematic viscosity and Standard method for kinematic viscosity is Kinematic viscosity DSTU 6081:2009 and EN 14214:2003 [5-6], 40 °C, requirement: 1.9 – 6.0 mm²/s. Kinematic viscosity: “the resistance to flow of a fluid under gravity”. The kinematic viscosity is equal to the dynamic viscosity/density the kinematic viscosity is a basic design specification for the fuel injectors used in diesel engines. Too high a viscosity and the injectors do not perform properly. Dynamic viscosity – (ratio between applied shear stress and rate of shear of a liquid). Density – “the mass per unit volume of a substance at a given temperature.” The viscosity of biodiesel can be predicted ± 15 % using the esters composition determined using DSTU 6081:2009. The viscosity apparatus to run D 445 is not critical to the QC laboratory, but it is valuable as a quick assay method for estimating the degree of completion for a reaction batch [5-6].

Equipment for testing combustion in biodiesel using method ASTM D93- Flash point, closed cup, requirement 130 °C min. The flash point is defined as the “lowest temperature corrected to a barometric pressure of 101.3kPa (760 mm Hg), at which application of an ignition source causes the vapors of a specimen to ignite under specified conditions of test.”

Testing for acid value using method DSTU 6081:2009 – Acid number, requirement 0.80 mg KOH/g. The acid number is “The quantity of base, expressed as milligrams of potassium hydroxide per gram of sample, required to titrate a sample to a specified end point.” The acid number is a direct measure of free fatty acids in B100. The free fatty acids can lead to corrosion and may be a symptom of water in the fuel. Usually, for a base catalyzed process, the acid value after production will be low since the base catalyst will strip the available free fatty acids. However, the acid value may increase with time as the fuel degrades due to contact with air or water. This test should be performed regularly as a part of the producer QC program [5-6].

This testing is very important in biodiesel. Before biodiesel are use in the engine water content must be follow the standard to avoid damage. The standard DSTU method D2709 is max 0.005 % [5-6].

Conclusions

1. The biodiesel was prepared from technical animal fats sample collected from a local factory in Ukraine. The biodiesel was characterized for its physical and fuel properties using DSTU and EN standard methods for biodiesel fuel quality assurance.

2. The composition of final biodiesel was determined by physical properties such as density, viscosity, flash point, water content and acid value. From the tests, the flash point was found to be 97 °C, water and sediment was 0.02 %, total acid number was 0.29 mg KOH/g,

viscosity at 40 °C was 4.2 mm²/sec and density 0.82 g/cm. Out of 5 properties tested, all of them met the DSTU criteria for fuel standard.

3. Production of biodiesel from waste cooking fats for diesel substitute is particularly important because the increasing cost of fats extracted from petroleum source and also it is good for environment. Technical animal fats can be an important source for biodiesel production in Ukraine it is ready available and environment.

References

1. *Malyarenko, V. A., Yakovlev, A. I.* (2016). Biodiesel-alternative to diversification of motor fuels. Energy saving. Power engineering. Energy audit. №. 3. 64-73.

2. *Sukhenko, Yu., et al.* (2017). Changing the quality of ground meat for sausage products in the process of grinding. Eastern European Journal of Enterprise Technologies. 2017. Vol. 4. 11 (88), 56-63.

3. *Kovalenko, G. A., et al.* (2015). Heterogeneous biocatalysts for transesterification of vegetable fat triglycerides into valuable oil and fat products and biodiesel. Biotechnology: the state and prospects of development. 351-352.

4. *Rudnev, V. A., Maslov, I. V., Eliseev, V. V.* (2018). Analysis of the possibility of using biofuels from vegetable oils. Actual problems and prospects of development of construction, heat supply and power supply. 107-110.

5. *DSTU 6081:2009.* Documentation - Presentation of theses and similar documents.

6. *EN 14214:2003.* Documentation - Presentation of theses and similar documents

7. *Mushtruk, M. M.* (2014). Grounding the characteristics of equipment for the production of liquid biofuels from technical animal fats. Kyiv, 234.

8. *Zhu, L. D., Li, Z. H., Hiltunen, E.* (2016). Strategies for lipids production improvement in microalgae as a biodiesel feedstock. BioMed research international. 23 - 29.

9. *Kapor N. Z. et al.* (2017). Palm fatty acid distillate as a potential source for biodiesel production-a review. Journal of cleaner production. Vol. 143. 1-9.

10. *Mushtruk M. M., Sukhenko V. Y., Sukhenko Y. G.* (2016). Biodiesel production and properties: monograph / Ed. by doc. of Tech Sc V.Y. Sukhenko. Kyiv: CP "Komprint", 252.

Список літератури

1. *Малыренко В. А., Яковлев А. И.* Биодизель-альтернатива диверсификации моторных топлив. Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. 2006. №. 3. С. 64-73.

2. *Sukhenko Yu., Sukhenko V., Mushtruk M., Vasuliv V., Boyko Y.* Changing the quality of ground meat for sausage products in the process of grinding. Eastern European Journal of Enterprise Technologies. 2017. Vol. 4. 11(88), P. 56-63.

3. *Коваленко Г. А. и др.* Гетерогенные биокатализаторы для переэтерификации триглицеридов растительных масел в ценные масложировые продукты и биодизель. Биотехнология: состояние и перспективы развития. 2015. С. 351-352.

4. *Руднев В. А., Маслов И. В., Елисеев В. В.* Анализ возможности использования биотоплива из растительных масел. Актуальные проблемы и перспективы развития строительства, теплогазоснабжения и энергообеспечения. 2018. С. 107-110.

5. *DSTU 6081:2009.* Documentation – Presentation of theses and similar documents.

6. *EN 14214:2003.* Documentation – Presentation of theses and similar documents

7. *Муштрук М. М.* Обґрунтування характеристик обладнання для виробництва рідкого біопалива з технічних тваринних жирів: дис. ... к – та техн. наук: 05.18.12. Нац. унів. харч. техн. Київ, 2014. 234 с.

8. *Zhu L. D., Li Z. H., Hiltunen E.* Strategies for lipid production improvement in microalgae as a biodiesel feedstock. BioMed research international. 2016. P. 23-29.

9. *Kapor N. Z. et al.* Palm fatty acid distillate as a potential source for biodiesel production a review. Journal of cleaner production. 2017. Т. 143. P. 1-9.

10. *Mushtruk M.M., Sukhenko V.Y., Sukhenko Y.G.* Biodiesel production and properties: monograph. Ed. by Doc. of Tech. Sc. V.Y. Sukhenko. Київ: ЦП «Компринт», 2016. 252 p.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА ДИЗЕЛЬНОГО БІОПАЛИВА З ТЕХНІЧНИХ ЖИРІВ М. М. Муштрук

Анотація. Попередньо очищені технічні тваринні жири шкідливі для здоров'я, так як вони не екологічно чистими, і не придатні для утилізації. Найкращим рішенням є їх використання для промислових цілей, а саме перетворення в дизельне біопаливо. Метою даного дослідження є удосконалення технології виробництва дизельного біопалива з технічних тваринних жирів в лабораторних умовах та проведенням випробувань отриманих зразків. Розглянуто найбільш важливі операції технологічного процесу отримання біодизелю з відходів тваринних жирів. Оцінений вплив якості жирової сировини на склад рідкого біопалива та розроблені вихідні вимоги до сировини. Встановлено, що вологість сировини має визначальний вплив на механізм переестерифікації триглицеридів у метилові ефіри жирних кислот, які за експлуатаційними характеристиками близькі до нафтового дизельного палива. Вільні жирні кислоти у сировині в поєднанні з водою роблять технологічний процес не ефективним. У результаті наукових досліджень обґрунтовано технологію виробництва дизельного біопалива з відходів рослинних олій і тваринних жирів та запропоновано її апаратне забезпечення. За результатами лабораторних досліджень встановлено можливість одержувати якісний продукт, що відповідає сучасним експлуатаційним вимогам до дизельного біопалива,

яке можна використовувати у двигунах без суттєвого їх переобладнання.

Ключові слова: дизельне біопаливо, технічні тваринні жири, сировина, етерифікація, сепарація, переетерифікація, альтернативні енергоресурси, технологія виробництва, стандарт.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА ДИЗЕЛЬНОГО БИОТОПЛИВА ИЗ ТЕХНИЧЕСКИХ ЖИРОВ

М. М. Муштрук

Аннотация. Предварительно очищенные технические животные жиры вредны для здоровья, так как они не являются экологически чистыми и не пригодны для утилизации. Лучшим решением является их использование для промышленных целей, а именно преобразования в дизельное биотопливо. Целью данного исследования является совершенствование технологии производства дизельного биотоплива с технических животных жиров в лабораторных условиях и проведение испытаний полученных образцов. Рассмотрены наиболее важные операции технологического процесса получения биодизеля из отходов животных жиров. Оценено влияние качества жирового сырья на состав жидкого биотоплива и разработаны исходные требования к сырью. Установлено, что влажность сырья имеет определяющее влияние на механизм переэтерификации триглицеридов в метиловые эфиры жирных кислот, которые по эксплуатационным характеристикам близки к нефтяному дизельному топливу. Свободные жирные кислоты в сырье в сочетании с водой делают технологический процесс не эффективным. В результате научных исследований обоснована технология производства дизельного биотоплива из отходов растительных масел и животных жиров и предложено ее аппаратное обеспечение. По результатам лабораторных исследований установлена возможность получения качественного продукта, который отвечает современным эксплуатационным требованиям к дизельным биотопливам, которое можно использовать в двигателях без существенного их переоборудование.

Ключевые слова: дизельное биотопливо, технические животные жиры, сырье, этерификация, сепарація, переетерифікація, альтернативные энергоресурсы, технология производства, стандарт.

M. M. Mushtruk ORCID 0000-0001-8487-2153.

УДК 725

ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНІЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ ТА ПАСПОРТИЗАЦІЇ ПРИЙНЯТИХ В ЕКСПЛУАТАЦІЮ ОБ'ЄКТІВ БУДІВНИЦТВА

Н. О. Костира, О. М. Малишев, В. М. Бакуліна

Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна.

Кореспонденція авторів: bakulin959@ukr.net.

Історія статті: отримано – грудень 2018, акцептовано – травень 2019.

Бібл. 7, рис. 0, табл. 0.

Анотація. Основними особливостями паспорта об'єкта будівництва є заповнення форм розділів відповідно до коду об'єкта та оцінки технічного стану з урахуванням аналізу відповідності будівельних конструкцій вимогам забезпечення механічного опору та стійкості, пожежної безпеки, безпеки життя і здоров'я людини, захисту від шуму та економії енергії.

Ключові слова: об'єкти будівництва, технічне обстеження, паспорт об'єкта будівництва, інженерні споруди, будівлі.

Постановка проблеми

Для об'єктів будівництва, введених в експлуатацію згідно Постанови Кабінету міністрів України від 12.04.2017р. № 257 «Про затвердження Порядку проведення обстеження прийнятих в експлуатації об'єктів будівництва» (далі - Порядок) та Наказу Мінрегіонбуд від 10.11.2017р. № 298 «Про затвердження форми паспорта об'єкту будівництва» необхідно заповнювати паспорт об'єкта будівництва.

Порядок визначає механізм проведення обстеження прийнятих в експлуатацію в установленому законодавством порядку об'єктів будівництва з метою оцінки їх відповідності основним вимогам до будівель та інженерних споруд, визначеним відповідним технічним регламентом, та вжиття обґрунтованих заходів до забезпечення надійності та безпеки під час експлуатації об'єктів протягом усього періоду їх існування. За рішенням власників або управителів об'єктів обстеження проводиться:

- у разі виявлення дефектів, пошкоджень і деформацій у процесі поточного огляду та технічного обслуговування об'єкта, що здійснюються його власником або управителем;

- на підставі актів, складених уповноваженими органами у зв'язку з руйнуванням об'єкта внаслідок пожежі, стихійного лиха, аварії;

- з метою проведення перевірки технічного стану об'єкта;

- для проведення перевірки врахування потреб осіб з інвалідністю та інших маломобільних груп населення [1].

Постанова КМУ № 257 та Наказ Мінрегіонбуд № 298 базуються на «Державному класифікаторі будівель та споруд» ДК 018-2000, який набув чинності з 01.01.2001 р.

Об'єктами класифікації у «Державному класифікаторі будівель та споруд» є будівлі виробничого і невиробничого призначення, житлові будинки та інженерні споруди.

«Державний класифікатор будівель та споруд» (ДК) побудовано за ієрархічним методом класифікації з використанням послідовної системи кодування. Кожна позиція містить п'ятизначний цифровий код і назву відповідних класифікаційних груп. Структура цифрового коду ДК відповідає схемі: X-розділ; XX-підрозділ; XXX- група; XXXX-клас; XXXX.X-підклас. Цифрові коди відповідають класифікації типів споруд Статистичної комісії Європейського Союзу [2].

Паспорт об'єкта будівництва включає сім розділів з додатками.

Розділ I. Відомості про власника (управителя) об'єкта.

Розділ II. Відомості про виконавця робіт з обстеження.

Розділ III. Загальні відомості про об'єкт.

Розділ IV. Технічна характеристика об'єкта.

IV. 1. Характеристика території

IV. 2. Ускладнюючі умови території

IV. 3. Основні технічні показники об'єкта (Форми 1...7).

IV. 4. Характеристика основних будівельних конструкцій (Форми 1...7).

IV. 5. Характеристика внутрішніх інженерних систем (Форми 1...7).

Розділ V. Результати технічного обстеження об'єкта

V. 1. Загальні дані про виконані обстеження.

V. 2. Виявлені дефекти і пошкодження несучих будівельних конструкцій (Форми 1...7).

V. 3. Виявлені дефекти і пошкодження внутрішніх інженерних систем (Форми 1...7).

Розділ VI. Оцінка технічного стану об'єкта

VI. 1. Аналіз відповідності будівельних конструкцій вимозі щодо забезпечення механічного опору і стійкості (Форми 1...7).

VI. 2. Аналіз відповідності будівельних конструкцій та інженерних систем вимозі щодо забезпечення пожежної безпеки (Форми 1...7).

VI. 3. Аналіз відповідності будівельних конструкцій та інженерних систем вимозі щодо забезпечення безпеки життя і здоров'я людини та захисту природного середовища (Форми 1...7).

VI. 4. Аналіз відповідності будівельних конструкцій та інженерних систем вимозі щодо забезпечення безпеки експлуатації (Форми 1...7).

VI. 5. Аналіз відповідності будівельних конструкцій та інженерних систем вимозі щодо забезпечення захисту від шуму (Форми 1...3).

VI. 6. Аналіз відповідності будівельних конструкцій та інженерних систем вимозі щодо забезпечення економії енергії (Форми 1...3).

VI. 7. Аналіз забезпечення доступу до об'єкта особам з інвалідністю та іншим маломобільним групам населення (Форми 1...2).

VI. 8. Загальна оцінка технічного стану об'єкта (Форми 1...7).

Розділ VII. Рекомендації щодо подальшої експлуатації об'єкта.

VII. 1. Рекомендації щодо умов експлуатації об'єкта

VII. 2. Рекомендації відновлення та підсилення окремих будівельних конструкцій

Додатки:

1. Плани та розрізи (стадія П).

2. Фотографії дефектів і пошкоджень.

3. Відомості дефектів і пошкоджень.

По кожному розділу треба заповнювати відповідні таблиці, в залежності від коду об'єкта згідно ДК 018-2000, з посиланням на діючі нормативні документи.

Мета досліджень

Мета роботи полягає у встановленні основних особливостей заповнення форм розділів паспорта об'єкта будівництва відповідно до коду об'єкта та оцінки технічного стану з урахуванням аналізу відповідності будівельних конструкцій вимогам забезпечення механічного опору та стійкості, пожежної безпеки, безпеки життя і здоров'я людини, захисту від шуму та економії енергії.

Результати досліджень

Порядок заповнення таблиць по основних розділах наведено на прикладі інженерної споруди – трествольної башти для освітлення території частини морського порту в м. Одеса. Для паспорта визначено два коди: 2112.5 Пристрої для освітлення, сигналізації, забезпечення безпеки та електрифікації (залізничні місцеві) та 2112.8 Пристрої для освітлення, сигналізації, забезпечення безпеки та електрифікації (вулиці та дороги) [2].

Основними розділами Паспорту об'єкта будівництва для башти є підрозділи VI. 1, VI. 2, VI. 3, VI. 4 та VI. 8.

Підрозділ VI. 1. Аналіз відповідності будівельних конструкцій вимозі щодо забезпечення механічного опору і стійкості (для об'єктів типу 2112.5, 2112.8).

N з/п	Конструктивний елемент або інженерна система	Результат аналізу
1	Основа	1. Деформації основи, які призводять до пошкоджень несучих конструкцій
2	Фундаменти	1. Нерівномірні осідання стовпового фундаменту мілкого закладання
3	Несучі конструкції	1. $[\sigma] = 172,66 \text{ МПа} < R_y \times \gamma_c = 215,0 \times 0,9 = 193,50 \text{ МПа}$ – міцність стволів забезпечена. Ствол – труба $\varnothing 245 \times 9$ мм. Сталь – Ст20 ($R_y = 215 \text{ МПа}$). $[\sigma] = 107,04 \text{ МПа} < R_y \times \gamma_c = 193,50 \text{ МПа}$ – міцність поперечної діафрагми забезпечена. Діафрагма жорсткості – труба $\varnothing 194 \times 8$ мм. Сталь – Ст20 ($R_y = 215 \text{ МПа}$). Переміщення $[\Delta]_{\max} = 41,8/100 = 0,418 \text{ м} < [\Delta]_{\text{фактичне}} = 0,842 \text{ м}$ з урахуванням існуючих відхилень і дії вітрового навантаження. Висновок: міцність та стійкість башти забезпечені ^{1), 2)} . Вертикальні відхилення перевищують допустимі значення.

¹⁾ ДБН В.1.2-6-2008. Основні вимоги до будівель і споруд. Механічний опір та стійкість.
²⁾ Просторовий розрахунок сталевих конструкцій башти.

Підрозділ VI. 2. Аналіз відповідності будівельних конструкцій та інженерних систем вимозі щодо забезпечення пожежної безпеки (для об'єктів типу 2112.5, 2112.8)

N з/п	Конструктивний елемент або інженерна система	Результат аналізу
1	Несучі конструкції	R15 ¹⁾
2	Електропостачання	Система запобіжного захисту від короткого замикання
3	Водопостачання	Відсутні

4	Опалення і вентиляція	Відсутні
5	Системи протипожежного захисту	Відсутні
1) ДБН В.1.2-7-2008 Основні вимоги до будівель і споруд. Пожежна безпека.		

Підрозділ VI. 3. Аналіз відповідності будівельних конструкцій та інженерних систем вимозі щодо забезпечення безпеки життя і здоров'я людини та захисту природного середовища (для об'єктів типу 2112.5, 2112.8).

N з/п	Конструктивний елемент або інженерна система	Результат аналізу
1	Електропостачання	6 осіб ¹⁾ , башта не належить до об'єктів культурної спадщини, не є об'єктом підвищеної екологічної небезпеки, відмова об'єкту не впливає на припинення роботи транспорту, зв'язку.
2	Водопостачання	Відсутні
3	Опалення і вентиляція	Відсутні
4	Системи протипожежного захисту	Відсутні

1) Кількість осіб, які обслуговують башту – електрик 3 людини, технік зовнішнього освітлення 1 людина, інженер з релейного захисту та електроавтоматики 1 людина, водій-оператор 1 людина.

N з/п	Конструктивний елемент або інженерна система	Результат аналізу
1	Опорні елементи	6 осіб ^{1), 2)}
2	Прогонові конструкції	Відсутні
Кількість осіб, які обслуговують башту – електрик 3 людини, технік зовнішнього освітлення 1 людина, інженер з релейного захисту та електроавтоматики 1 людина, водій-оператор 1 людина. ДБН В.1.2-8-2008 Основні вимоги до будівель і споруд. Безпека життя і здоров'я людини та захист навколишнього природного середовища.		

Підрозділ VI. 4. Аналіз відповідності будівельних конструкцій та інженерних систем вимозі щодо

забезпечення безпеки експлуатації (для об'єктів типу 2112.5, 2112.8)

N з/п	Конструктивний елемент або інженерна система	Результат аналізу
1	Конструкції	1. Ризики від ковзання і ударів, обумовлені падінням, спотиканням чи ковзанням технічного персоналу башти. 2. Ризики від прямих ударів чи контактів, спричинені падінням елементів башти на технічний персонал. 3. Ризики від поранення людей у транспортних засобах (водій-оператор) ¹⁾ .
2	Електропостачання	1. Ризики від електроударів, опіків і вибухів від електричного обладнання та устаткування ¹⁾ .

1) ДБН В.1.2-9-2008. Основні вимоги до будівель і споруд. Безпека експлуатації.

Підрозділ VI. 8. Загальна оцінка технічного стану об'єкта.

Технічний стан башти	Основні вимоги Технічного регламенту			
	механічний опір і стійкість	пожежна безпека	безпека життя і здоров'я людини та захист природного середовища	безпека експлуатації
Нормальний	-	-	-	-
Задовільний	-	Так ²⁾	Так ³⁾	-
Непридатний до нормальної експлуатації	Так ¹⁾	-	-	Так ⁴⁾
Аварійний	-	-	-	-

1) ДБН В.1.2-6-2008 Основні вимоги до будівель і споруд. Механічний опір та стійкість.

2) ДБН В.1.2-7-2008 Основні вимоги до будівель і споруд. Пожежна безпека.

3) ДБН В.1.2-8-2008 Основні вимоги до будівель і споруд. Безпека життя і здоров'я людини та захист навколишнього природного середовища.

4) ДБН В.1.2-9-2008 Основні вимоги до будівель і споруд. Безпека експлуатації.

Підрозділ VI. 9. Висновок щодо технічного стану об'єкта в цілому: Непридатний до нормальної експлуатації (3 категорія). Визначено згідно двох пунктів підрозділу VI. 8.

Необхідно звернути увагу, що згідно ДСТУ Н Б В.1.2-18:2016 «Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану» [3] та ДСТУ Н Б В.2.6-210:2016 «Оцінка технічного стану сталевих будівельних конструкцій, що експлуатуються» (на заміну ДБН 362-92) [4] визначено 4 категорії технічного стану, а саме: нормальний (1 категорія), задовільний (2 категорія), непридатний до нормальної експлуатації (3 категорія) та аварійний (4 категорія). Тому в підрозділі VI. 8. «Загальна оцінка технічного стану об'єкта» в таблиці були замінені категорії технічного стану відповідно до діючих нормативних документів.

Висновки

Таким чином паспортизація дає можливість визначити технічні характеристики об'єкта за міцністю і стійкістю, пожежній безпеці, захисту від шуму та безпеки експлуатації. На основі цих характеристик визначається категорія технічного стану з подальшими рекомендаціями щодо експлуатації. Теоретичний аналіз руху ґрунтообробних робочих органів на пружній підвісці можливо виконувати, базуючись на розривній моделі автоколивачів. Отримані таким чином залежності містять основні конструктивні та експлуатаційні параметри і дозволяють використовувати розрахунки динамічних деформацій і напружень у елементах при проектуванні, що сприяє більш точному прогнозуванню механічної надійності за раптовим або втомним руйнуванням (особливо при додатковому врахування ще й низки стохастичних факторів, що впливають на процеси динамічного навантаження у реальній експлуатації).

Список літератури

1. Постанова Кабінету міністрів України від 12.04.2017р. № 257 Про затвердження Порядку проведення обстеження прийнятих в експлуатації об'єктів будівництва.
2. Державний класифікатор будівель та споруд : ДК 018-2000. Київ. Держстандарт України, 2000. 24 с.
3. Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану : ДСТУ Н Б В.1.2-18:2016. Київ. Мінрегіон України, 2016. 43 с.
4. Оцінка технічного стану сталевих будівельних конструкцій, що експлуатуються : ДСТУ Н Б В.2.6-210:2016. Київ. Мінрегіон України, 2016. 76 с.

5. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ. Система забезпечення надійності та безпеки об'єктів будівництва : ДБН В.1.2-14-2009. Київ. Мінрегіон України, 2009. 48 с.

6. *Барашиков А. Я., Малишев О.М.* Оцінювання технічного стану будівель та інженерних споруд. Київ. Основа, 2008. 320 с.

7. Малишев О. М., Віроцький В. Д., Нілов О. О., Сергійчук О. В., Бачинський В. С., Костира Н. О., Лавриненко Л. І., Новгородський М. А. Технічне обстеження та нагляд за безпечною експлуатацією будівель та інженерних споруд. Київ. ДП «Головний навчально-методичний центр», 2001. 705 с.

References

1. Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated April 12, (2017). No. 257 On Approval of the Procedure for Inspection of Construction Objects Accepted for Operation.
2. State Classifier of Buildings and Structures (2000): DK 018-2000. Kyiv. State standard of Ukraine, 24.
3. Guidelines for the inspection of buildings and structures for the determination and assessment of their technical condition (2016): DSTU N B V.1.2-18: 2016. Kyiv. Minregion of Ukraine, 43.
4. Estimation of the technical state of the steel structures under construction (2016): DSTU N B V.2.6-210: 2016. Kyiv. Minregion of Ukraine, 76.
5. General principles of ensuring the reliability and constructive safety of buildings, structures, building structures and foundations (2009). System of reliability and safety of construction objects: DBN B.1.2-14-2009. Kyiv. Minregion of Ukraine, 48.
6. *Barashikov A. Ya., Malyshev O. M.* (2008). Estimation of technical condition of buildings and engineering structures: Teaching manual for the higher educators. Kyiv. Basis. 320.
7. *Malyshev O. M., Virotsky V. D., Nilov O. O., Serhiychuk O. V., Bachinsky V. S., Kostyra N. O., Lavrinenko L. I., Novgorod M. A.* (2001). Technical examination and supervision of safe operation of buildings and engineering structures: Teaching manual. Kyiv. DP "The Main Educational-Methodical Center". 705.

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ И ПАСПОРТИЗАЦИИ ОБЪЕКТОВ СТРОИТЕЛЬСТВА

Н. А. Костыра, А. Н. Малишев, В. М. Бакуліна

Аннотация. Основные особенности паспорта объекта строительства заключаются в заполнении форм разделов в соответствии с кодами объекта и оценки его технического состояния с учётом анализа соответствия строительных конструкций требованиям прочности и устойчивости, пожарной безопасности, безопасности жизни и здоровья людей, защиты от шума и экономии энергии.

Ключевые слова: объекты строительства, техническое обследование, паспорт объекта строительства, инженерные сооружения, здания.

FEATURES OF TECHNICAL INSPECTION AND
PASSPORTIZATION OF CONSTRUCTION OBJECTS

N. O. Kostyra, O. M. Malyshev, V. M. Bakulina

Abstract. The main features of the construction passport are to fill in the chapters' forms in accordance with the object codes and assess its technical condition, taking into account the analysis of the compliance of building structures with the requirements of mechanical resistance and stability, fire safety, safety of human life and health, noise protection and energy saving.

Key words: construction objects, technical inspection, passport of a construction object, engineering structures, buildings.

Н. О. Костира ORCID 0000-0001-5934-9563.

О. М. Малишев ORCID 0000-0001-8327-344X.

В. М. Бакуліна ORCID 0000-0003-0849-9697.

УДК 624.132.3+624.042

ОБГРУНТУВАННЯ ОСНОВНИХ ПРИНЦИПІВ СТВОРЕННЯ ВИСОКОПРОДУКТИВНОЇ ГРУНТООБРОБНОЇ ТЕХНІКИ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

І. М. Сівак, Ю. В. Човнюк, Ю. О. Гуменюк

Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна.

Кореспонденція авторів: *sivakim@ukr.net*.

Історія статті: отримано – січень 2018, акцентовано – травень 2019.

Бібл. 4, рис. 1, табл. 0.

Анотація. Обгрунтовані основні принципи створення високопродуктивної сільськогосподарської ґрунтообробної техніки. В основі роботи вказаної вище техніки лежать фізичні принципи взаємодії робочих органів машин з робочим середовищем – ґрунтом (сільськогосподарського призначення). Ці принципи відносяться також до сільськогосподарських машин, які переміщують, розробляють або обробляють такі робочі середовища.

Для розв'язку задачі руйнування ґрунтів сільськогосподарського призначення (ГСП) важливою є можливість вияву «потенціалу руйнування» конкретних елементів рельєфу водорозділів, ділянок схилів і т.д., у коректній і кількісній формі. Визначення «потенціалу руйнування» реалізується через аналітичний опис енергетичного стану елементарного об'єму ГСП із введенням реальних параметрів (об'єму, фізичних властивостей, границь руйнування й різного типу навантажень).

Реалізація запропонованих принципів ґрунтообробної сільськогосподарської техніки дозволить суттєво підвищувати її продуктивність, ККД, зменшити її масу і витрати пального. Ключові слова: обгрунтування, принципи, створення, ґрунтообробна техніка, сільське господарство, конструювання, потенціал руйнування.

Ключові слова: обгрунтування, принципи, створення, ґрунтообробна техніка, сільське господарство, конструювання, потенціал руйнування.

Постановка проблеми

У основі роботи ґрунтообробної сільськогосподарської техніки лежать фізичні принципи взаємодії робочих органів таких машин з робочим середовищем – ґрунтами сільськогосподарського призначення (ГСП). Ці принципи відносяться також і до гірничих, меліоративних, спеціальних інженерних і підводних машин, які переміщують, розробляють або обробляють робочі середовища (ГСП та інші ґрунти).

Принципи роботи ґрунтообробних сільськогосподарських машин не змінювались протягом останніх століть, тому їм властива низька

продуктивність, низький ККД, значна маса, циклічність роботи, великі витрати пального тощо.

Все це приводить до значного зростання коштів, які виділяються з бюджету країни для обслуговування та експлуатації сільськогосподарської техніки й до значного її простою. Тому необхідно створити нові принципи роботи ґрунтообробної сільськогосподарської техніки, яка б мала високі значення питомої продуктивності (на 1 кВт встановленої потужності) при одночасному зменшенні маси машини.

Аналіз останніх досліджень

Основні принципи конструювання високопродуктивної землерийної техніки, яка інтенсивно використовується у сучасному будівництві, розглянуті у роботах [1-3]. Результати вказаних робіт будуть частково використані у даному дослідженні.

Мета досліджень

Мета роботи полягає у обгрунтуванні основних принципів створення високопродуктивної ґрунтообробної техніки сільськогосподарського призначення.

Результати досліджень

У Київському національному університеті будівництва і архітектури (колишній КІБІ) створені нові принципи роботи землерийної техніки, що дозволило створити зразки машин з питомою продуктивністю 18...20 м³/год на 1 кВт встановленої потужності, в той час як у кращих зарубіжних машинах цей показник не перевищує 5. При цьому маса машини зменшується у 4...6 разів, а у деяких випадках на порядок.

Головним принципом сучасного конструювання машин слугує перехід землерізької і обробної техніки на орієнтовані високі швидкості взаємодії робочого органу (РО) з ґрунтом

сільськогосподарського призначення (ГСП). Якщо розглянути експериментальні графіки залежності сили руйнування P ґрунту від тривалості руйнування t або від шляху заглиблення РО (δ) до сколу ґрунту з урахуванням швидкості взаємодії РО (v) з ґрунтом (1), то видно, що зі зростанням швидкості (v) зменшується тривалість руйнування t і збільшується сила P та довжина деформованої зони l .

Енергія руйнування E складається з незворотної енергії на розділення ґрунту (ГСП) на частини E_p і зворотної енергії пружної деформації E_n :

$$E = E_n + E_p \quad (1)$$

Ця енергія необхідна для пересування РО, що характеризується швидкістю v_n , тривалістю стану ГСП (t), утворенням перед РО стиснутої деформованої зони довжиною l , фронт якої рухається з швидкістю U , зміною густини J ГСП у цій зоні, величинами напруження ґрунту при стиску і коефіцієнтом відносної поздовжньої деформації ε у стиснутій зоні. Зв'язок величини E із зазначеними параметрами має вигляд:

$$E = S \cdot l \cdot J \cdot v^2 / 2 + S \cdot l \cdot \int_0^x f(\varepsilon_1) d\varepsilon_1 \quad (2)$$

Оскільки довжина деформованої зони:

$$l = (U - v) \cdot t, \quad (3)$$

тоді енергія руйнування після деяких перетворень (1) з урахуванням площі контакту S РО з ГСП і коефіцієнту впливу кута загострення клинового ріжучого елемента K_L (для плоского РО при $\alpha=180^\circ$, $K_L=1$):

$$E = \frac{S'(U-v) \cdot t \cdot (J \cdot v^2 + \sigma \cdot \varepsilon)}{2K_\alpha} \quad (4)$$

Вираз $(J \cdot v^2 + \sigma \cdot \varepsilon) = p_n$ представляє собою питомий опір ГСП руйнування, що залежить не тільки від показників ГСП, але й від швидкості v взаємодії з ГСП, що дозволяє визначити тривалість руйнування (сколу ГСП):

$$t = \frac{2 \cdot E \cdot K_\alpha}{S \cdot (U-v) \cdot p_n} \quad (5)$$

І силу необхідну для руйнування:

$$P = \frac{(U-v) \cdot p_n \cdot S'}{2 \cdot v \cdot K_\alpha} \quad (6)$$

Найбільший ефект руйнування досягається при орієнтованих високих швидкостях v взаємодії з оброблюваним ГСП за рахунок концентрації і одночасного прикладання сили у певних точках масиву, при цьому лінії дій сил повинні перетинатися на глибині руйнування. Точки орієнтованого прикладання сил визначаються довжиною ефективного плеча сколу (2) $le_f = P / (\sigma \cdot b \cdot \Pi)$, де b – ширина робочого органу (РО). Це плече дозволяє розробляти оптимальний об'єм ГСП при даних параметрах машин. Створення умов для орієнтованого навантаження при «силовому» швидкісному різанні ГСП досягається тільки за рахунок спеціальної орієнтації ріжучих елементів РО. На відміну від «силового» різання ГСП, орієнтовані високі швидкості взаємодії РО з ГСП легко створюються за рахунок імпульсного, ударного, частоударного, вібраційного, віброударного, вібро-хвильового навантаження, що при незначному заглибленні РО у ГСП дозволяє одержати значну регульовану глибину обробки ґрунту. Усі види швидкісного навантаження можуть бути створені не тільки за рахунок привода, а і за рахунок правильного розподілу ріжучих елементів на

дискових, барабаних, чашечних і роторних РО сільськогосподарських машин, що швидко обертається.

У наведених вище виразах J, δ, ε є змінними величинами, які суттєво відрізняються від їх точкових початкових значень $J_0, \delta_0, \varepsilon_0$ (у незавантаженому стані) або від їх значень $J_{ст}, \delta_{ст}, \varepsilon_{ст}$ при «статичному» навантаженні, які застосовуються сьогодні у всіх розрахунках машин сільськогосподарського призначення. Зв'язок між статичними показниками та їх реальними (динамічними) величинами залежить від швидкості навантаження ГСП V , тривалості обробки одиниці об'єму ґрунту t і довжини деформованої зони l (2).

Вся землеробна техніка сільськогосподарського призначення побудована на реалізації тягового (розпушувачі, плуги, культиватори тощо) або натискowego (бурякові машини, грейдери, агрегати по обробці ГСП за наявності каміння тощо) зусиль: енергія обробки (і руйнування) ГСП передається від загального двигуна машини через ходове обладнання або від двигуна якогось агрегата машини (ротора, механізму подачі або натиску) на РО і діє на ГСП через ланцюг різних механізмів транспортуючих пристроїв (ковшів, відвалів, бункерів) у транспорт або відвал.

Витрати енергії у цих ланцюгах досягають до 90% (з РО з даним ковшом) і до 40...50% (у сільськогосподарських машин з кількома ковшами у РО). Якщо отримати розрахунковий ККД, наприклад, машин з РО у вигляді одного ковша, то він буде меншим, ніж у паровозів (котрі давно не використовуються!).

Звідси випливає принцип перерозподілу енергетичного потоку.

РО повинен мати свій двигун, а не одержувати енергію від головного двигуна машини з дуже низьким ККД, за рахунок системи різних передач і трансмісій. Це дозволяє створити не тільки високі імпульсні чи високоциклічні швидкості навантаження на ГСП, а і одержати новий ефект – втомлюючого накопичення деформацій у масиві ґрунту. Такі види навантажень призводять до створення попереду РО послаблених зон, а також і до використання найбільш продуктивного способу руйнування (обробки ГСП – відриву (у ґрунтах різниця між граничними величинами напружень на стиск і відрив досягає 2...3 МПа).

Таким чином, створення імпульсних (багатоциклічних) безперервних навантажень на ГСП реалізує принцип створення зруйнованих зон попереду РО, що дозволяє підвищити продуктивність розробки.

Важливим фактором зменшення енергоємності обробки ГСП слугує метод вирізання забою ґрунту, а не суцільного його руйнування/обробки. Цей принцип базується на зменшенні площі різання з подальшим обрубшенням вирізувальної зони ГСП.

Якщо у більшості землеробних машин ґрунт розробляється зубцями або суцільним профілем з подальшою подачею у ківш (або відвал), а далі транспортується, то на нашу думку, слід у ґрунтообробних машинах сільськогосподарського призначення з'єднати ріжучі й транспортуючі елементи у одному РО.

Таким чином, найбільш важливий принцип створення новітньої сільськогосподарської техніки – це розробка руйнівнo/обробних – транспортних РО, здатних одночасно руйнувати/обробляти ГСП і подавати розпушений ГСП у відвал (або транспортний засіб). Принцип поєднання у робочому процесі вирiзування та обвалювання ГСП значно зменшує енергоємність машин, дозволяє набагато зменшити їх масу. Це відноситься не тільки для бурових, але й для машин горизонтальної дії або нахиленої під певним кутом (наприклад, збирачі коренеплодів тощо).

Аналізуючи роботу вітчизняної та зарубіжної землекоробної техніки сільськогосподарського призначення, можна побачити, що питома (на одиницю потужності двигуна) продуктивність таких машин досить низька й складає (на ґрунтах I-II категорії)(1,4...4) м³/год.кВт. У той самий час, за нашими розрахунками, землекоробний механізований інструмент (на основі розробок Київського національного університету будівництва і архітектури) при потужності двигуна 4кВт, шасі 87 кг і діаметри ротора 0,4м має питому продуктивність на ґрунтах I-II категорії 19,8 м³/год.кВт, а змінне навісне обладнання на трактор ДТ-75 з діаметром ротора 0,8м і потужністю 52кВт при шасі машини 5,8- 12,2 м³/год.кВт.

Нижче подані деякі принципові схеми конструкцій машин, побудованих на зазначених принципах, що дозволило, на нашу думку, вийти (принаймні, теоретично) на найвищий у світі показник питомої продуктивності.

Навісне обладнання може мати масивний РО дискового типу, що дозволяє розробляти міцні і навіть мерзлі ГСП, розподіл ріжучих елементів на РО створює багатocиклічне швидкісне навантаження на ґрунт, а радіальні лопатки дозволяють одночасно транспортувати ГСП на направляючий щит з відсипкою у відвал.

Навісне обладнання у вигляді кільцевого бура з транспортуючою гвинтовою стрічкою не тільки одночасно здійснює різання і транспортування вирізаної кільцевої зони і реалізує багатocиклічне швидкісне навантаження за рахунок розподілу зубців на ріжучі поверхні, але має значно меншу енергоємність за рахунок вирізання стовба ГСП з подальшим його підрізанням на повну або часткову глибину скважини.

Зазначені принципи можуть бути використані і при створенні ріжучих елементів ґрунтообробної техніки, так, наприклад, зубці розпушувачів можуть не тільки концентрувати енергію на меншій зоні контакту (3), а зубці спеціальної конструкції можуть не тільки концентрувати зусилля натиску і формувати краще заповнення, наприклад, ковшів за рахунок направляючих гребенів, але й дозволяє регулювати й кускуватість обробленого ГСП.

Розглянемо далі спосіб аналітичного опису обробки/руйнування ГСП, використовуючи підходи роботи (4).

Однією із типових задач оцінки енергетичного стану фрагментів ГСП, окремих форм рельєфу і т.ін. з метою коректного визначення «потенціалу руйнування» обраного об'єкту (ГСП), обраний об'єкт для дослідження (елемент рельєфу ГСП, водорозділ і

т.д.) можна відобразити у системі координат: L-довжина, H-висота, S-площа основи (проекція). Тоді у цьому «водорозділі» (рис.1) будь-який об'єкт (елементарна комірка), який має розмірність (об'єм) $dL_i \times dH_i \times dS_i$ у відповідності з наступними координатами L_i, H_i, S_i буде характеризуватись деякими значеннями внутрішньої енергії (аналог потенціальної енергії):

$$W_i = C_i \cdot \rho_i \cdot L_i \cdot H_i \cdot P_i \quad (7)$$

де: C_i - питома масова енергія виділення об'єму; ρ_i – щільність ГСП, P_i - внутрішній тиск (енергія) чи потенціал виділеного об'єму. При цьому слід пам'ятати, що C_i й ρ_i є одночасно функціями координат L, H, S і часу. У результаті впливу на «елементарний об'єм» ГСП різноманітних процесів у часовій динаміці відбуваються деякі зміни цієї внутрішньої енергії.

$$dW_i = c_i \cdot \rho_i \cdot dL_i \cdot dH_i \cdot dS_i \cdot dP_i = \sum_{j=1}^n f_j \cdot b_j \cdot (e_j \cdot P_j - P_i) \quad (8)$$

де: P_j - потенціал j -го виду енергії поза водорозподілом, e_j - перехідний коефіцієнт до j -го потенціалу кількість енергії, яка надходить із зовнішнього по відношенню до водорозділу середовища за одиницю часу при одиничній різниці потенціалів. f_j - коефіцієнт енергообміну між виділеним об'ємом і середовищем поза водорозподілом, тобто кількість будь-якої енергії, що надходить із зовнішнього середовища при одиничній різниці потенціалів; b_j -коефіцієнт проникності границі, під котрою розуміємо поверхню, яка виділяє досліджуваній об'єкт від інших середовищ, коефіцієнт f_j, b_j є функціями координат L_i, H_i, S_i й часу.

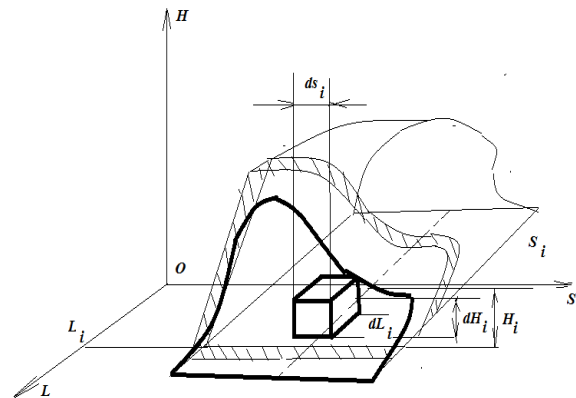


Рис. 1. Геометрія задачі.
Fig. 1. Geometry of the problem.

Якщо праву частину виразу (8) наповнити конкретним фізичним змістом: геометричними параметрами (об'єм у прийнятій системі координат), фізичними властивостями – міцністими й полями напружень, тоді з'являється реальна можливість аналітичного опису стану досліджуваного об'єму. Однак, існує енергетична границя цього об'єму, при перевищенні котрої відбувається руйнування об'єкту, т.з. критичний чи пороговий потенціал. Наприклад, для елементарного об'єму, який складений ГСП з доволі визначеними фізичними властивостями, існує

така конкретна характеристика як зчеплення складових його часточок (один з його можливих варіантів – механічна міцність). «Накачка» об'єкту, наприклад, механічною чи тепловою енергією у результаті при перевищенні «потенціалу руйнування» ГСП, утримують до руйнування об'єкту. При цьому можливі випадки подолання порогів миттєвого руйнування ГСП, більше характерного для геологічних процесів, котрі мають тривалість розвитку від тисяч до мільйонів років. Відповідно й процес руйнування ГСП матиме миттєвий або тривалий характер.

До числа миттєвих (швидкоплинних) процесів, які створюють механічні «наводки» на досліджувані об'єкти, можна віднести, наприклад, сейсмічні явища, а до тривалих – накладання чи зняття механічних навантажень на масиви ГСП такими екзогенними процесами як утворення, так і таяння снігових покровів. При розгляді варіанту з тепловою й механічною енергією вираз (8) можна перетворити, приводячи його до виду:

$$dP_i = \frac{1}{c_i \cdot \rho_i \cdot dL_i \cdot dH_i \cdot dS_i} \cdot \left\{ \left(\frac{\alpha_i T}{X_i} - P_i \right) + R \right\} dt \quad (9)$$

де: T – температура атмосфери; X_i – стискування, L_i – температурний коефіцієнт; R – механічне навантаження.

При цьому слід помітити, що $T = T(t)$, тобто температура атмосфери є періодичною функцією часу, яка описується рядами Фур'є, $R = R(t)$ – теж періодична функція часу, і, крім того, одночасно є функцією координат L_i , H_i , S_i (як, до речі й $T(t)$).

Рівняння (3) зручно привести до виду: $dP_i = \frac{1}{c_i \cdot \rho_i \cdot dL_i \cdot dH_i \cdot dS_i} \left(\frac{\alpha}{X} \cdot T + R \right) dt - \frac{P_i}{c_i \cdot \rho_i \cdot dL_i \cdot dH_i \cdot dS_i} dt$ (10)

Таким чином ми отримуємо нелінійне рівняння, котре можна розв'язати методом послідовних наближень. Породжуючим рівнянням для (10), буде:

$$dP_i = \frac{1}{c_i \cdot \rho_i \cdot dL_i \cdot dH_i \cdot dS_i} \left(\frac{\alpha}{X} \cdot T + R \right) \cdot dt \quad (11)$$

Вираз (11) є рівнянням з розділеними змінними й з тим чи іншим ступенем точності може бути проінтегроване, це й буде розв'язок нульового наближення. Після його підстановки у другий член правої частини виразу (10) й інтегрування матимемо розв'язок першого й наближення й т.д., до моменту отримання стійкої закономірності. Після того, як виконані всі ці дії, формуються початкові умови і визначаються константи.

Умовою руйнування елементарного об'єму ГСП, який створює певну форму рельєфу з координатами L_i , H_i , S_i є $P_i > P_{i_{кр}}$, тобто перевищення границі припустимих напружень (тиску). У свою чергу $P_{i_{кр}} = P_{i_{кр}}(L, H, S)$, тобто є функцією координат. З цього випливає, що таким способом можна описувати й прогнозувати стан полів напружень, порівнюючи їх з припустимими (критичними) напруженнями, й виявляти у масивах ГСП ділянки, схильні до втрати «несучої» здатності або вже ті, які руйнуються (еґекала вітрової та водної ерозії).

Для переходу до практичного розв'язку повсякденних задач, зокрема, у межах оцінки ступеня геоморфологічного ризику (руйнування ГСП) необхідно визначити, виходячи з реальної геологічної

ситуації, значення параметрів: $C_i, \rho_i, R, f_i, b_i, T, \alpha_i, X$, котрі визначаються, у основному, фізичними властивостями й структурою досліджуваного ГСП. Розглянута задача є спробою аналітичного опису першого, обов'язкового стану перетворення ГСП при виведенні їх у зону фізичного вивітрювання. Наступним етапом (необхідним етапом) є аналогічний опис транспортування продуктів руйнування ГСП, і він складає предмет окремого дослідження.

Висновки

1. Обґрунтовані основні принципи створення високопродуктивної землеобробної техніки сільськогосподарського призначення.

2. Отримані у роботі результати дозволяють у подальшому створювати нові робочі органи ґрунтообробних машин з максимальними значеннями питомої продуктивності.

Список літератури

1. Баладинский В. Л., Смирнов В. Н., Борodin И. Г. Средства механизации земляных работ. Москва. Воениздат, 1985. 160с.
2. Баладинский В. Л. Механизация земляных работ. Киев. Укрвизполиграф, 1992. 180 с.
3. Баладинский В. Л. Принципы конструирования высокопродуктивной землеройной техники. Київ. КІБІ, 1993. Вип. 48. С. 3-9.
4. Баландин В. А., Баландин О. А. Физика литосферы: способ аналитического описания разрушения горных пород. Инженерная экология. 1997. № 1. С. 25-27.

References

1. Baladinsky V. L., Smirnov V. N., Borodin I. G. (1985). Means of mechanization of earthworks. Moscow: Military Publishing House. 160.
2. Baladinsky V. L. (1992). Mechanization of earthworks. Kyiv. Ukrvuzpolygraph, 1992. 180.
3. Baladinsky V. L. (1993). The principles of construction of highly productive earth-moving technology. Kyiv. KIBI. Vol. 48. 3-9.
4. Balandin V. A., Balandin O. A. (1997). Physics of the lithosphere: a method for the analytical description of rock destruction. Engineering Ecology. No 1. 25-27.

ОБОСНОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ПРИНЦИПОВ СОЗДАНИЯ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОЙ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩЕЙ ТЕХНИКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

И. Н. Сивак, Ю. В. Човнюк, Ю. А. Гуменюк

Аннотация. Обоснованы основные принципы создания высокопроизводительной сельскохозяйственной почвообрабатывающей техники. В основе работы вышеуказанной техники лежат физические принципы взаимодействия рабочих

органов машин с рабочей средой - почвой (сельскохозяйственного назначения). Эти принципы относятся также к сельскохозяйственным машинам, которые перемещают, разрабатывают или обрабатывают такие рабочие среды.

Для решения задачи разрушения почв сельскохозяйственного назначения (ГСП) важна возможность проявления «потенциала разрушения» конкретных элементов рельефа водоразделов, участков склонов и т.д., в корректной и количественной форме. Определение «потенциала разрушения» реализуется через аналитическое описание энергетического состояния элементарного объема ГСП с введением реальных параметров (объема, физических свойств, границ разрушения и разного типа нагрузок).

Реализация предложенных принципов почвообрабатывающей сельскохозяйственной техники позволит существенно повышать ее производительность, КПД, уменьшить ее массу и расход топлива. Ключевые слова: обоснование, принципы, создания, почвообрабатывающая техника, сельское хозяйство, конструирование, потенциал разрушения.

Ключевые слова: обоснование, принципы, создания, почвообрабатывающая техника, сельское хозяйство, конструирование, потенциал разрушения.

SUBSTANTIATION OF BASIC PRINCIPLES OF CREATION OF HIGH-EFFICIENCY SOIL- PROCESSING TECHNOLOGY FOR AGRICULTURAL APPOINTMENT

I. M. Sivak, Yu. V. Chovnyuk, Yu. O. Gumenyuk

Abstract. The basic principles of creation of high-productivity agricultural tillage equipment are substantiated. The basis of the work of the above technique is the physical principles of the interaction of working bodies of machines with the working environment - the soil (agricultural purpose). These principles also apply to agricultural machines that move, develop, or process such working environments.

To solve the problem of destroying agricultural soils (GSP), it is important to demonstrate the "potential of destruction" of specific elements of the relief water bodies, slopes, etc., in the correct and quantitative form. Determination of the "potential of destruction" is realized through an analytical description of the energy state of the elemental volume of GSP with the introduction of real parameters (volume, physical properties, boundaries of destruction and different types of loads).

The implementation of the proposed principles of soil-based agricultural machinery will significantly increase its productivity, efficiency, reduce its mass and fuel consumption. Key words: rationale, principles, creation, soil technology, agriculture, design, destruction potential

Key words: grounding, principles, creation, soil engineering, agriculture, design, destruction potential.

I. M. Сівак ORCID 0000-0001-5864-9855.

Ю. В. Човнюк ORCID 0000-0002-0608-0203.

Ю. О. Гуменюк ORCID 0000-0001-8203-5749.

УДК 631.1.004

МЕТОДОЛОГІЧНІ ПІДХОДИ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ГОТОВНОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН

І. Л. Роговський

Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна.

Кореспонденція автора: rogovskii@nubip.edu.ua.

Історія статті: отримано – грудень 2018, акцептовано – травень 2019.

Бібл. 12, рис. 5, табл. 4.

Анотація. Встановлено, що планування та організація інженерної служби аграрних підприємств знаходиться в занедбаному стані. Необхідно термінове впорядкування інженерної служби аграрних підприємств шляхом створення комплексної системи відновлення працездатності із забезпечення коефіцієнта готовності сільськогосподарських машин з оснащенням її необхідними технічними засобами і чіткого розподілу трудомісткості між виконавцями.

Ключові слова: методологія, коефіцієнт готовності, ефективність, сільськогосподарська машина.

Постановка проблеми

Планування робіт з технічного сервісу сільськогосподарських машин ведеться на недостатньому рівні, або відсутнє взагалі. Недостатня увага до визначення технічного стану при введенні в експлуатацію та при постановці на зберігання самохідних сільськогосподарських машин, що призводить до нераціональних витрат як фінансових так і трудових ресурсів на утримання машино-тракторного парку і підвищення собівартості виробництва продукції рослинництва.

Досвід показує, що найбільш ефективно інженерні питання вирішуються комплексно. Тому такий підхід є актуальним і новим у вирішенні проблем із забезпечення коефіцієнта готовності сільськогосподарських машин.

Аналіз останніх досліджень

Структура системи машин агропромислового комплексу України характеризується багатомарочністю, що до де-якої міри ускладнює їх експлуатацію і технічне обслуговування. Коефіцієнт готовності сільськогосподарських машин залишається низьким 0,68...0,71 [1]. При цьому наробіток на відмову у зернозбиральних комбайнів складає 18...21 га при сезонному наробітку 208...216 га на один комбайн. Аналогічна ситуація із збиральною самохідною технікою для буряків, кукурудзи та

картоплі [2]. Збільшення кількості відмов машин збільшує трудомісткість виконання інженерних заходів з відновлення їх працездатності [3].

Недосконалі конструкції самохідних сільськогосподарських машин і по рівню пристосованості до технічного обслуговування [4]. Так узагальнений динамічний показник пристосованості до технічного обслуговування зернозбиральних комбайнів складає лише 0,71...0,73, у порівнянні з європейським рівнем в 0,89...0,93 [5]. Це також збільшує трудомісткість виконання інженерних заходів з відновлення працездатності машин [6].

В структурі агропромислового комплексу України наявні 11532 ремонтних майстерень та 6904 стаціонарних пунктів технічного обслуговування, з них лише 12% майстерень і 16% пунктів пристосовані до сучасних вимог [7]. Лише 24% аграрних підприємств України, що є власниками самохідних сільськогосподарських машин, мають повнокомплектні машинні двори [8]. Тому до 87% машин зберігаються на відкритих майданчиках, що те ж збільшує трудомісткість виконання інженерних заходів з відновлення їх працездатності [9].

Існує тенденція в агропромисловому комплексі України, що аграрні підприємства відмовляються від спеціалізованих послуг технічного сервісу і самі створюють інженерну службу, яка вже виконує до 89% техсервісних робіт [10]. Однак при цьому стикаються із фінансовими витратами в забезпеченні сучасним технологічним обладнанням і в отриманні практичних рекомендацій їх раціонального застосування у виробничому циклі [11]. Така вітчизняна тенденція відрізняється від європейської, за якою техсервісні послуги надаються або продуцентами, або посередницькими організаціями, в тому числі і дилерськими [12]. Основні з них:

- доставка нових машин, їх дозбирання, обкатка та технологічне регулювання;
- технічне обслуговування машин згідно правил експлуатації;
- ремонт машин або їх агрегатів чи вузлів;
- доставка машин до місця експлуатації та до місця зберігання;
- забезпечення машин джерелами енергії, змінними елементами, запасними частинами та матеріалами;

- модернізація машин в процесі їх експлуатації;
 - утилізація машин: розбирання, сортування деталей, купівля придатних для подальшої експлуатації, відновлення деталей.

Тому європейський користувач техніки займається лише технологічними процесами виробництва сільськогосподарської продукції. А європейський виробник техніки отримує достовірну інформацію про надійність своєї продукції, номенклатуру та кількість необхідних запасних частин, а саме головне – безпосередній контакт з експлуатаційниками формує напрямки модернізації техніки та розробку нових зразків.

В Україні ще не створена база для такої організації, так як рівень платоспроможності більшості аграрних підприємств не дозволяє в повній мірі її реалізувати. Однак агрохолдинги і крупні агрофірми вже застосовують європейський досвід, в частині: забезпечення власних потреб у запасних частинах, проведення номерних технічних обслуговувань, комплексного технічного діагностування через прямі договори з представниками фірм, що є виробниками сільськогосподарських машин.

Мета досліджень

Мета досліджень – підвищення коефіцієнту готовності сільськогосподарських машин за рахунок впорядкування діяльності інженерної служби.

Об'єктом досліджень є фактичний стан техсервісної служби безпосередньо в аграрний підприємствах: технологія технічного контролю, діагностування, дефектації, технічного обслуговування, утилізації та зберігання сільськогосподарських машин.

Результати досліджень

Для забезпечення мети досліджень необхідно чітко визначити майбутні обсяги трудомісткості техсервісних заходів за кожним видом a_{ij} (трудомісткість i -го виду по одній машині j -го виду). Кількість видів машин і видів техсервісних заходів не обмежується. Це дозволяє, при необхідності, кожну машину розглядати як вид машин. Така диференціація застосовується у разі значного відхилення трудомісткості техсервісних заходів у машин одного виду. Можлива і проміжна ситуація. Якщо, наприклад, технічному обслуговуванню підлягає 10 машин одного виду (скажімо зернозбиральні комбайни пропускної здатності 9 кг/с), то їх можна представити як два види машин з різною трудомісткістю техсервісних заходів одного комбайна – T_1 і $n_2 = 6$ комбайнів з трудомісткістю техсервісних заходів одного комбайна – T_2 , де $T_1 \neq T_2$. Такий підхід дозволяє більш достовірно визначити трудомісткість техсервісних заходів.

Трудомісткість інженерних заходів із забезпечення коефіцієнта готовності сільськогосподарських машин визначається по всьому

комплексу: технічне обслуговування, технічний контроль, технічне діагностування, усунення відмов, ремонт, зберігання, утилізація. При цьому застосовується класична методика індивідуального хронометрування виробничого циклу техсервісних заходів. Таким чином, визначається трудомісткість техсервісних заходів за видами і по кожному із елементів комплексу.

Аналізуючи саму технологію техсервісних заходів, можна установити відповідні інженерні і робітничі професії, тобто визначити професійний склад основних виконавців.

Якщо відомо види машин, які підлягають техсервісним заходам, j ; кількість машин кожного виду на початок періоду техсервісних заходів, n_j ; трудомісткість техсервісних заходів для однієї машини кожного виду по кожному виду техсервісних заходів, a_{ij} , і виділені для виконання техсервісних заходів трудові ресурси по кожному виду техсервісних заходів, b_i , то симплексним методом можна визначити основні параметри для складання оптимального ритму техсервісних заходів із забезпечення коефіцієнта готовності сільськогосподарських машин. При цьому необхідно враховувати: рівномірне і повне завантаження виконавців кожної професії і технологічного обладнання; які види машин підлягають техсервісним заходам одночасно; скільки машин кожного виду можна максимально відновлювати в одиницю часу; які технологічні операції і в якій послідовності повинен виконувати кожний з виконавців.

Вихідна система рівнянь має вид:

$$Z = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_jx_j + \dots + c_nx_n = \max$$

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1j}x_j + \dots + a_{1n}x_n = b_1$$

.....

$$a_{i1}x_1 + a_{i2}x_2 + \dots + a_{ij}x_j + \dots + a_{in}x_n = b_i$$

.....

$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mj}x_j + \dots + a_{mn}x_n = b_m$$

$$x_j \geq 0.$$

Для розподілу операцій між виконавцями необхідно установити оптимальну черговість операцій, у тому числі і паралельних. Одержана черговість дозволяє одночасно розподіляти операції між будь-якою кількістю виконавців будь-яких професій, які мають місце в технологічному процесі техсервісних заходів даної машини.

Будь-яка технологічна операція технічного сервісу це двомірна величина. Для одного виконавця це буде прямокутник, де по осі ординат відкладається в повному масштабі кількість виконавців, а по осі абсцис – тривалість операції в часі.

Технологічний процес технічного сервісу сільськогосподарської машини представлений у вигляді таких прямокутників формує геометричну модель циклу. Форми геометричної моделі циклу визначаються для кожного виду робіт. При рівномірному розподілі обсягу робіт між виконавцями типова форма геометричної моделі циклу буде мати вид, який графічно представлений на рис. 1.

Методика встановлення оптимального ритму техсервісних заходів із забезпечення коефіцієнта готовності сільськогосподарських машин полягає в

розміщенні на осі часу форм геометричної моделі циклу згідно визначеного ритму техсервісу машин даного виду. На рис. 2 графічно представлено фрагмент технічного сервісу трьох (x_1, x_2, x_3) видів машин з різними ритмами (d_1, d_2, d_3) їх технічного сервісу.

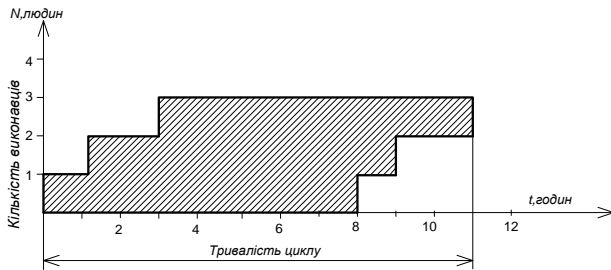


Рис. 1. Типова форма геометричної моделі циклу технічного сервісу сільськогосподарських машин.

Fig. 1. Standard form of a geometric model of the cycle of technical service of agricultural machines.

Крім того узагальнимо особливості техсервісу інженерною службою аграрного підприємства:

- програма технічного сервісу багатонаменкатурна (40...50 найменувань) при незначній кількості об'єктів техсервісу (1...5 одиниць) по кожній номенкатурі;

- зайнятість машин на польових роботах з збирання врожаю сільськогосподарських культур (в цей момент машини мають коефіцієнт готовності 1,0 і не підлягають технічному сервісу).

Авторами статті було проведено паспортизацію техсервісної служби агрофірми Київської області та

виконані хронометражні дослідження (табл. 1), за якими встановлювались наступні дані:

1. Перелік видів машин та кількість машин кожного виду, які підлягають техсервісу.

2. Трудомісткість технічного сервісу однієї машини кожного виду по видах робіт.

3. Погодинна добова зайнятість машин кожного виду на польових роботах зі збирання врожаю сільськогосподарських культур.

4. Залучені агропідприємством трудові ресурси для техсервісу машин (6 техніків з технічного обслуговування; 1 інженер-діагност і керівник інженерної служби; 1 слюсар-ремонтник; 1 технік із зберігання).

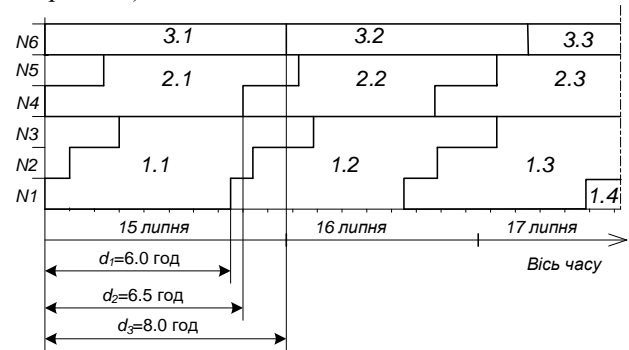


Рис. 2. Фрагмент технічного сервісу трьох (x_1, x_2, x_3) видів машин з різними ритмами (d_1, d_2, d_3) їх технічного сервісу.

Fig. 2. A fragment of technical service three (x_1, x_2, x_3) types of machines with different rhythms (d_1, d_2, d_3) their technical service.

Таблиця 1.
Table 1.

Вид машин	Кількість машин	Трудомісткість техсервісу однієї машини, люд.-годин				
		загальна	за видами робіт			
			ТО	УВ	ТД	З
ЗК6	6	50	38	4	3	5
ЗК9	8	30	22	1	5	2
ЗК11	12	20	16	3	0	1
БМ	4	40	31	2	1	6
КК	10	15	12	0	2	1

ЗК6, ЗК9, ЗК11 – зернозбиральні комбайни пропускнуої здатності, відповідно, 6 кг/с, 9 кг/с, 11 кг/с; БМ – бурякозбиральні самохідні машини; КК – кормозбиральні самохідні комбайни; ТО – технічне обслуговування; УВ – усунення відмов; ТД – технічне діагностування; З – зберігання.

Інженерна служба, згідно законодавства, має 8 годинне добове навантаження, тоді на техсервіс машин маємо такі добові нормативи: технічне обслуговування – 48 люд.-годин; усунення відмов – 8 люд.-годин; технічне діагностування – 8 люд.-годин; зберігання – 8 люд.-годин.

Сформулюємо умови задачі в загальному вигляді. Маємо n видів машин, які підлягають техсервісу. Технологічні процеси техсервісу цих машин забезпечує t видів техсервісних робіт. Кожен вид машин представляє собою групу машин з приблизно однаковою трудомісткістю та структурою техсервісних робіт, вид цих робіт представляє професію виконавця і відповідне технологічне обладнання. Відомо загальна трудомісткість

техсервісу однієї машини та витрати ресурсів кожного виду на техсервіс однієї машини кожного виду. Необхідно встановити, для якої кількості машин кожного виду можливо і потрібно провести техсервіс за добу з тим, щоб всі види виділених трудових ресурсів використовувались максимально і забезпечити коефіцієнт готовності машин максимально.

Математичне формулювання задачі:

x_j – максимальна кількість машин j -го виду, що підлягають техсервісу за добу, одиниць;

a_{ji} – необхідні витрати ресурсів i -го виду для техсервісу машин j -го виду, люд.-годин;

3. На перетині однойменних рядків і стовбців ставимо «1», інші елементи стовбця нульові. Маємо одиничну матрицю.

4. Стовбці реальних видів машин (x_1, \dots, x_5) заповнюємо даними з таблиці 1. Рядок x_6 представляє техобслуговуючий вид робіт, x_7 – усунення відмов; x_8

– технічне діагностування; x_9 – зберігання; z_0 – загальна трудомісткість техсервісу однієї машини.

5. В стовбець b_i записуємо добові ресурси по кожному виду робіт, а в рядок z_0 – їх суму.

6. В нульовому варіанті елементи стовбців z_i і μ_i – нулі, а стовбець φ_j не заповнюється.

Таблиця 2.
Table 2.

Шапка	φ_j	c_j	x_j	x_1	x_2	x_3	x_4	x_6	x_7	x_8	x_9	b_i	z_i	μ_i
Матриця		0	x_6	38	22	16	31	1	0	0	0	48	0	0
		0	x_7	4	1	3	2	0	1	0	0	8	0	0
	0!	0	x_8	3	5	0	1	0	0	1	0	8	0	0
		0	x_9	5	2	1	6	0	0	0	1	9	0	0
Цільова сторона z_0				50	30	20	40	0	0	0	0	72	0	0

0! – нульовий варіант.

Таким чином, маємо заповнену симплексну таблицю нульового варіанту плану.

Основний результат аналізу симплексного методу полягає в тому, що елементи матриці стовбця b_i мають двояке значення. Вони показують:

- скільки машин, вид яких вказаний в стовбців x_j , можна піддавати техсервісу щодоби.

- скільки ресурсів кожного виду лишилось невикористаними.

Нульовий варіант це також план технічного сервісу машин. Щодоби потрібно піддавати техсервісу 48 машин x_6 , і по 8 машин x_7, x_8, x_9 . Машини x_6 не використали 48 люд.-годин ресурсів техобслуговування, x_7, x_8, x_9 – по 8 люд.-годин ресурсів, відповідно, усунення відмов, технічне діагностування, зберігання. В цілому виділені ресурси не використовувались. Такий план нас не є оптимальним, так як в рядку z_0 в стовбцях реальних видів машин (1, ..., 5) стоять додатні елементи. Кожний такий елемент показує, на скільки збільшиться загальне використання ресурсів, якщо замість однієї фіктивної машини ввести в план одну реальну машину.

Для переходу від нульового варіанту до оптимального формуємо симплексну таблицю, де під однією шапкою має місце кілька форм матриці та цільового рядка (табл. 3):

1. Варіант 0 переносим з табл. 2.

2. Вид реальних машин вводимо в план в варіант 1. При цьому ставимо за обмеження, що необхідно використати як можна більше виділених фактичних ресурсів, тому в план вводимо той вид машин, трудомісткість техсервісу якого найбільша. Це x_1 . Формально в новий план вводиться та змінна величина, у якої додатне значення в рядку z максимальне.

3. В варіанті 0 елементи стовбця b_i поділимо на відповідні елементи стовбця x_1 , так як покращення плану відбувається шляхом заміни в стовбці одного виду машин іншим, а саме замість виду фіктивних машин вводимо реальну x_1 . При цьому частка показує, скільки машин x_1 оптимально піддати техсервісу за добу виділеними ресурсами. Значення частки записуємо в стовбець φ_j , який показує, що за добу техобслуговуючий вид ресурсів дозволяє провести

техсервіс 1,263 машини x_1 , усунення відмов – 2,0, технічне діагностування – 2,667, зберігання – 1,6 машини x_1 . Очевидно, що за добу більше ніж для 1,263 машини x_1 піддати техсервісу неможливо, так як не вистачить ресурсів техобслуговуючого виду. Формально з плану виводиться той вид машин. У якого значення φ_j – мінімальне. Заповнення фасет симплексної таблиці варіанту 1 почнемо з стовбця x_j , де замість x_6 поставимо x_1 , а цільовий рядок матиме назву z_1 . Біля змінної величини, яку вводимо. Ставимо стрілку вліво, а біля величини яку вводимо – вправо.

4. В стовбці c_j ставимо оцінки елементів стовбця x_j .

5. На перетині однойменних рядків і стовбців ставимо «1», інші елементи стовбця – нулі. Стовбець змінної величини, яку вивели з плану, не заповнюється. Елемент попереднього, а саме нульового. Варіанту, що вводиться, називається ключовим і береться подвійним закресленням. Це – ~~38~~.

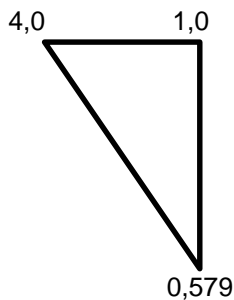
6. Для того, щоб співвідношення по витратах ресурсів між машинами не змінювалось, необхідно, елементи рядка x_6 в стовбцях реальних машин і стовбця b_i варіанта 0 поділити на ключовий елемент і частки записати у відповідні фасети введеного рядку, в даному разі рядки x_1 , варіанту 1. При цьому необхідно звернути увагу на те, що кожен елемент матриці під реальними машинами показує, на скільки машин, вид яких вказаний в рядку, буде піддано техсервісу менше, якщо в план ввести одну машину, вид якої вказаний в стовбці. Наприклад, в варіанті 0, якщо замість машини x_6 ввести машину x_1 , то машин x_6 треба піддати техсервісу на 38 одиниць менше.

Елемент 0,579 варіант 1 показує на скільки менше треба реально піддати техсервісу машин x_1 , якщо в план ввести одну машину x_2 , тобто звільняються ресурси, потрібні на ремонт 0,579 машини x_2 . Це такі обсяги: технічне обслуговування – $0,579 \cdot 38 = 22,002$; усунення відмов – $0,579 \cdot 4 = 2,316$; технічне діагностування – $0,579 \cdot 3 = 1,737$; зберігання – $0,579 \cdot 5 = 2,895$.

Ресурси, що звільняються від зменшення кількості техсервісів машин x_1 , можна використати де завгодно, в тому числі і на техсервіс x_2 . Якщо кожна машина x_2 потребує з виділених ресурсів 1,0 люд.-годин робіт з

усунення відмов, а звільняється цих ресурсів 2,316 люд.-годин, то з виділених ресурсів необхідно додати різницю між 1,0 і 2,316, тобто $1,0 - 2,316 = -1,316$. Якщо різниця має від'ємне значення, то це означає, що ресурси збільшаться, якщо замість машини, вказаної в рядку, ввести машину, вказану в стовбці.

Такі визначення можна виконувати по правилу прямокутного трикутника. Нехай в варіанті 1 треба заповнити фасети стовбця x_2 , в якому відомий лише один елемент 0,579. Треба визначити величину елемента, що знаходиться на перетині рядків x_7 і стовбців x_2 . В варіанті 0 цей елемент 1. Вважаємо, що «1» – вершина прямого кута. Елемент 0,579 – вершина одного з гострих кутів. З вершини прямого кута проводимо горизонталь до перетину з елементом стовбця. Де знаходиться ключовий елемент. Це число «4» – вершина другого гострого кута трикутника. Маємо такий трикутник:



Шуканий елемент дорівнює різниці між значенням прямого кута і добутком значень гострих кутів. В варіанті 1 плану стовбець x_2 буде мати такі елементи:

рядок x_1	0,579
рядок x_7	$1 - 0,579 \cdot 4 = -1,316$
рядок x_8	$5 - 0,579 \cdot 3 = 3,263$
рядок x_9	$2 - 0,579 \cdot 5 = -0,895$

Аналогічні обрахунки виконані для стовбців x_3 і x_4 , а також для стовбця b_i . Тут і проявляється доцільність застосування симплексного методу. Оскільки елементи матриці стовбця b_i в рядках реальних видів машин вказують кількість реальних машин, які можна піддати техсервісу виділеним обсягом ресурсів при умові, що весь обсяг даного виду ресурсу буде використано. Так в варіанті 1 щодоби можна піддати техсервісу 1,263 машини x_1 , при цьому весь обсяг техобслуговуючих ресурсів буде використано. Елементи матриці стовбця b_i в рядках фіктивних видів машин показують, скільки ресурсу даного виду залишилось після того, як піддали техсервісу 1,263 машини x_1 . Так як ресурсу виду усунення відмов залишилось 2,947 люд.-годин, технічного діагностування – 4,211 люд.-годин, зберігання – 1,684 люд.-годин.

Елементи матриці стовбця z_i визначимо як добуток елементів стовбця c_j на відповідний елемент стовбця b_i . В рядку z_1 цього стовбця вказана сума елементів матриці. Таким чином. Використано ресурсів всіх видів 63,158 люд.-годин, а виділено – 72,0 ($z_0 \cdot b_i$). Ефективність використання ресурсів,

$$\mu_{cp} = \frac{63,158}{72} = 0,877,$$

коли щодоби піддавати техсервісу 1,263 машини x_1 .

Однак аналізуючи рядок z_1 можемо констатувати, що якщо в план ввести машини x_2 , то машини x_3 і x_4 зменшать ефективність використання ресурсів, так як в рядку z_1 мають від'ємні елементи.

Описаний методичний процес переходу від одного варіанту плану до другого вкладається в ітерацію. Наступна ітерація полягає в переході від варіанту 1 до варіанту 2, який виявився оптимальним: всі елементи рядка z_2 під реальними машинами мають від'ємні значення. Ефективність використання ресурсів $\mu_{cp} = 0,896$, якщо щодоби піддавати техсервісу 0,516 машини x_1 і 1,291 машини x_2 .

Стовбець μ_i симплексної таблиці дозволяє визначити в кожному варіанті, як використовується кожний вид ресурсу. Техобслуговуючий і техдіагностичний види ресурсу використані повністю:

$$0,516 \cdot 38 + 1,291 \cdot 22 = 48 \text{ люд.-годин};$$

$$0,516 \cdot 3 + 1,291 \cdot 5 = 8 \text{ люд.-годин}.$$

Рядки x_7 і x_9 показують, скільки ресурсів (усунення відмов і зберігання) лишилось невикористаними. Ефективність їх використання можна визначити як відношення обсягу використаних ($8 - 4,645$) і ($8 - 2,839$) до виділених, 8 люд.-годин.

$$\mu_{ув} = \frac{8-4,645}{8} = 0,419, \quad \mu_3 = \frac{8-2,839}{8} = 0,645.$$

Таким чином, оптимально будуть використовуватись ресурси, коли добова програма інженерної служби з техсервісу аграрного підприємства буде такою: $x_1 = 0,516$; $x_2 = 1,291$. Це означає, що машини видів x_1 і x_2 треба піддати техсервісу одночасно, тобто сполучення видів машин є оптимальне.

До параметрів процесу техсервісу машин в даному сполученні ми відносимо: мінімальний ритм техсервісу машин кожного виду, d_{jmin} ; кількість виконавців основної професії (основна професія – вид ресурсу яким починається і закінчується процес техсервісу машини, тобто техобслуговуючий вид ресурсу), що виділяється на техсервіс машини даного виду, N_j ; кількість виконавців, що виділяється на техсервіс однієї машини кожного виду, N_{1j} ; тривалість циклу техсервісу однієї машини кожного виду, t_j ; тривалість періоду техсервісу машин в даному сполученні, D_k ; кількість машин кожного виду, що будуть піддані техсервісу в даному періоді, n_j^k .

Ритм техсервісу машин визначимо за формулою:

$$d_{jmin} = \frac{t_{зм}}{x_j}, \text{ годин } d_{1min} = \frac{8}{0,516} = 15,5, \text{ годин};$$

$$d_{2min} = \frac{8}{1,291} = 6,2, \text{ годин}$$

При раціональному виробничому циклі кожен виконавець на протязі циклу техсервісу однієї машини повинен бути завантажений на ритм. Якщо обсяг техобслуговуючих робіт a_{1j} , то визначити кількість виконавців для техсервісу машин j -го виду, N_j можна визначити за формулою:

$$N_j = \frac{a_{1j}}{d_{jmin}}, \text{ чол. } N_1 = \frac{38,0}{15,5} = 2,45; N_2 = \frac{22,0}{6,2} = 3,55.$$

Приймаємо, $N_1 = 2$; $N_2 = 4$. Якщо кількість техобслуговуючих слюсарів зменшена, то ритм техсервісу повинен бути збільшений і навпаки. Тоді фактичний ритм техсервісу машин x_j буде:

$$d_1 = \frac{8}{2} = 19 > d_{1min}, \text{ годин}; \quad d_2 = \frac{22}{4} = 5,5 < d_{2min}, \text{ годин}.$$

Зауважимо, що мінімальний ритм враховує всі види робіт тому ритм, визначений для техобслуговуючих робіт, не може бути меншим мінімального. При $d_j < d_{jmin}$ буде мати місце накладка робіт по інших видах, крім техобслуговуючого. Тому приймаємо такі ритми техсервісу машин: $d_1 = 19$ годин; $d_2 = 5,5$ годин.

Проведені нами дослідження показують, що на ремонт однієї машини трудомісткістю до 50 люд.-годин доцільно виділяти не більше 3 слюсарів.

Більша кількість слюсарів викликає значні міжопераційні простоя і майже не скорочує тривалість циклу техсервісу машини. Нами також встановлено, що ресурси на протязі циклу техсервісу машини розподіляються нерівномірно. Фігуру, яка показує характер розподілу ресурсів на протязі циклу техсервісу машини, ми називаємо геометричною моделлю циклу.

Існують пасивні і активні ділянки циклу. Пасивна це ділянка циклу, де всі операції виконуються послідовно і в процесі бере участь тільки один виконавець. Такі ділянки є на початку циклу, t_e^* (транспортування машини на місце техсервісу, зовнішнє очищення і миття) і в кінці циклу t_e^{**} (технічне обслуговування, усунення відмов, транспортування на місце зберігання).

Для основних видів машин $t_e^* = 1,0$ годин, $t_e^{**} = 2$ годин. Ділянка циклу без t_e^* і t_e^{**} називається активною. Якщо обсяг техобслуговуючих робіт по техсервісу даної машини поділити рівномірно між двома або трьома виконавцями, то форми геометричної моделі циклу будуть мати вид, як показано на рис. 3

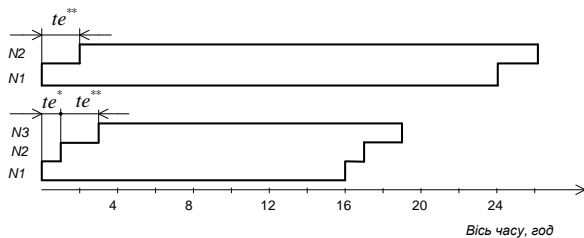


Рис. 3. Форми геометричної моделі циклу при $N = 2$ і $N = 3$. $T = 48$ люд.-годин.

Fig. 3. The shape of the geometric model of the cycle at $N=2$ and $N=3$. $T=48$ person-hours.

Нами також встановлено, що такі види техсервісу як усунення відмов, технічного діагностування і зберігання (всі крім техобслуговування) починаються через 0,25 тривалості циклу і тривають 0,5 тривалості циклу незалежно від кількості виконавців, виділених на техсервіс даної машини. Таким чином, тривалість циклу техсервісу машини для N виконавців визначається по формулах:

$$\text{при } N = 2 \quad t_2 = \frac{a_{1j}}{N} + t_e^{**};$$

$$\text{при } N = 3 \quad t_3 = \frac{a_{1j}}{N} + t_e^* + t_e^{**};$$

зваживши, що $a_{11} = 38$; $a_{12} = 22$, маємо $t_1 = \frac{38}{2} + 2 = 21$ година $t_2 = \frac{22}{2} + 2 = 13$ годин.

Тривалість періоду техсервісу машин кожного виду D_j ми пропонуємо визначати за такою формулою:

$$D_j = t_j + d_j(n_j - 1)$$

де n_j – кількість машин j -го виду на початок періоду, одиниць (маємо для наших виробничих умов $n_1 = 6$ і $n_2 = 8$).

$$D_1 = 21 + 19(6 - 1) = 116 \text{ годин};$$

$$D_2 = 13 + 6,5(8 - 1) = 58,5 \text{ годин};$$

Тривалість k -го періоду D_k буде мінімальне значення із всіх D_j . $D_1 = 58,5$ год (k – порядковий номер періоду).

За час D_1 будуть надані техсервісні послуги для всіх (8 одиниць) машин x_2 і частина машин x_1 , n_1^1 . Цю частину можна визначити за виразом $D_j = t_j + d_j(n_j - 1)$:

$$n_1^1 = \frac{D_k - t_j}{d_j} + 1 = \frac{58,5 - 21}{19} + 1 = 2,97 \approx 3$$

одиниць машин.

Таким чином, для першого періоду визначено:

1. Оптимальне сполучення видів машин для одночасного їх техсервісу: 1 і 2.
2. Добові програми техсервісу машин кожного виду: x_1 і x_2 .
3. Ритм програми техсервісу машин кожного виду: d_1 і d_2 .
4. Оптимальна кількість основних виконавців, яких доцільно виділити на техсервіс машин кожного виду: $N_1^1 = 2$, $N_2^1 = 4$, та на техсервіс однієї машини кожного виду: $N_1 = 2$, $N_2 = 2$.
5. Тривалість циклу техсервісу однієї машини кожного виду: t_1 і t_2 .
6. Мінімальна тривалість техсервісу машин в даному сполученні: D_1 .
7. Кількість машин кожного виду, для яких буде застосовано техсервісні заходи за час D_1 : n_1^1 і n_2^1 .

Аналітичні обчислення проводяться до тих пір, до поки всі машини будуть включені в план техсервісу (табл. 2).

Отже, (табл. 2), для включення всіх машин в план техсервісу необхідно проаналізувати п'ять періодів.

Загальна тривалість періодів складає 185,5 годин, але завдяки обґрунтованим формам геометричної моделі циклу і їх раціональному розміщенні на осі часу, загальну тривалість техсервісу всіх машин вдалося скоротити на 28 годин ($185,5 - 157,5$), як це графічно представлено на рис. 4.

Для контролю за ходом виконання техсервісних робіт обґрунтований план-графік можна синтезувати і накласти на реальний час з урахуванням неробочих днів (рис. 5).

Для оперативного управління ходом техсервісу обґрунтований план-графік можна деталізувати.

Для цього кожному форсу геометричної моделі циклу необхідно представити у вигляді технологічних операцій і розділити останні між відповідними виконавцями згідно оптимальної черговості операцій.

В цьому разі кожному виконавцеві буде встановлено, які операції і в якій послідовності він повинен виконувати на протязі всіх періодів.

Тобто до закінчення техсервісу всіх машин.

Таблиця 3.
Table 3.

Шапка	Φ_j	c_j	x_j	x_1	x_2	x_3	x_4	x_6	x_7	x_8	x_9	b_i	z_i	μ_i
Варіант 0	1,263	0		22	16	31	1	0	0	0	48	0	0	0
	2,0	0		1	3	2	0	1	0	0	8	0	0	0
	2,667	0		3	5	1	0	0	1	0	8	0	0	0
Варіант 1	1,6	0		5	1	6	0	0	0	0	9	0	0	0
	2,181	50		50	20	40	0	0	0	0	72	0	0	0
Варіант 2														

Таблиця 4. Результати визначення параметрів процесу техсервісу заданої кількості машин.

Table 4. The results of the determination of process parameters support a given number of machines.

№ періоду k	Тривалість періоду, D_k , годин	j	x_j	n_j^k	d_j	Чисельність виконавців, люд.		t_j	Залишилось машин на початок періоду за видами					
						N_j'	N_j		1	2	3	4	5	
I	59,0	1	0,516	3	19,0	2	2	21,0	3	0	0	0	0	0
		2	1,291	8	6,5	4	2	13,0	6	8	12	4	10	
II	29,0	1	1,263	3	6,5	6	3	16,0	0	0	0	0	0	
		3	0,615	2	16,0	1	1	16,0	0	0	12	4	10	
III	35,0	4	1,230	4	6,5	5	2,5	16,0	0	0	0	0	0	
		3	2,667	10	3,5	5	2,5	9,5	0	0	0	0	7	
IV	42,5	5	0,444	3	12,0	1	1	12,0	0	0	0	0	0	
		5	4,000	7	2,0	6	2	8,0	0	0	0	0	0	

Позначення: види машин, які підлягають техсервісу одночасно, j ; програма техсервісу машин на добу, x_j , одиниць; програма техсервісу машин на період, n_j^k , одиниць;

- ритм технічного сервісу машин, d_j , годин; чисельність виконавців виділених на техсервіс машин даного виду, N_j' , годин;

- чисельність виконавців виділених на техсервіс однієї машини, N_j , годин; тривалість циклу техсервісу однієї машини, t_j , годин.

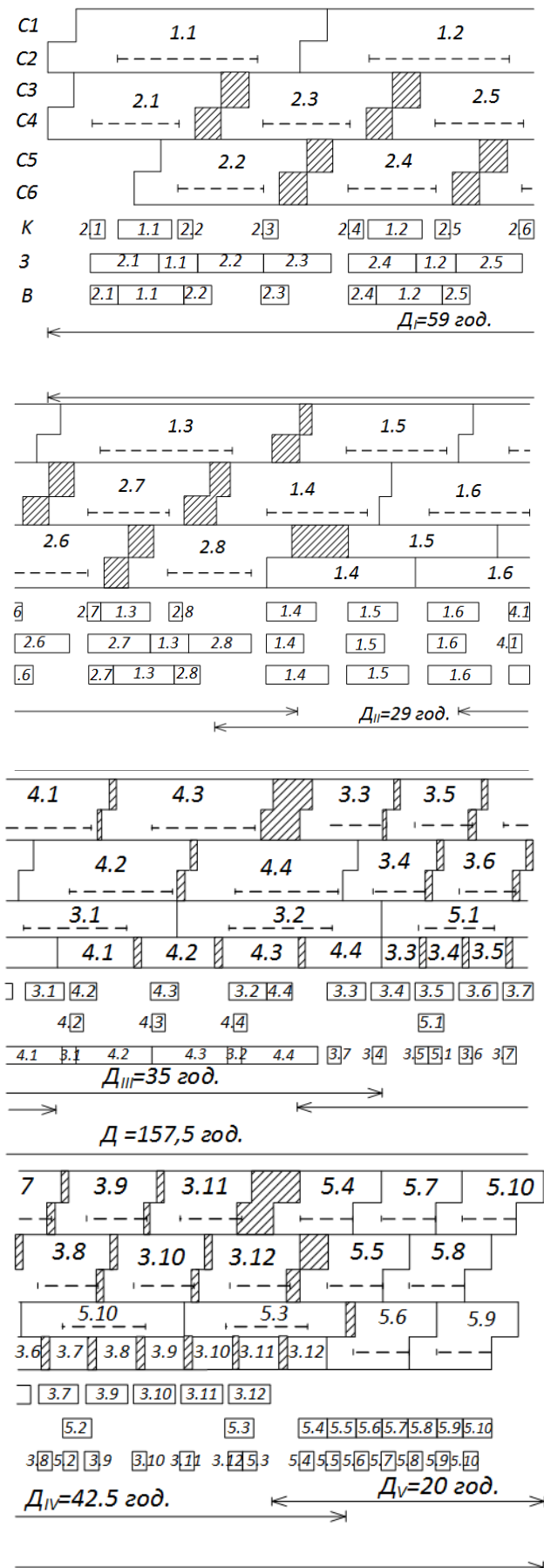


Рис. 4.
Fig. 4.

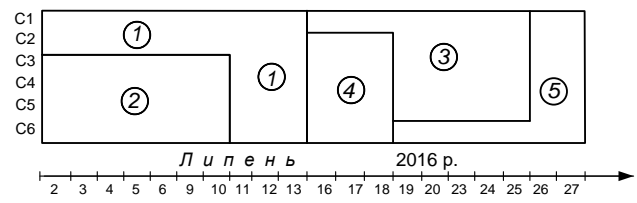


Рис. 5. Календарний план-графік.
Fig. 5. The calendar schedule.

Ефективність використання робочого часу виконавців і технологічного обладнання в кожному періоді вказана безпосередньо в оптимальному варіанті симплексної таблиці в стовбці μ_i .

Так, в періоді I техобслуговуючий (x_6) та техдіагностичний (x_8) види ресурсів використовуються на 100%, усунення відмов (x_7) на 41,9%, зберігання на 64,5%.

Це означає, що на протязі періоду I, $D_I = 7$ робочих днів слюсаря з усунення відмов можна довантажувати на 52%, а техника із зберігання на 35%.

В цілому, ефективність використання робочого часу всіх основних виконавців в період I складає 89,6%.

Тобто, на техсервіс всіх машин потрібно $157,5:8=19,7$ 20 робочих днів, тобто кожний робочий день підлягають техсервісу в середньому 2 машини (всіх машин 40 (6+8+12+4+10)).

Загальна трудомісткість техобслуговуючих робіт складає $T_1 = \sum a_{ij} \cdot n_j = 38 \cdot 6 + 22 \cdot 8 + 16 \cdot 12 + 31 \cdot 4 + 12 \cdot 10 = 842$ люд.-годин; усунення відмов $T_2 = 76$ люд.-годин, техдіагностування $T_3 = 82$ люд.-годин, зберігання $T_4 = 92$ люд.-годин.

Потенційно можливий обсяг техсервісних робіт за видами наступний: технічне обслуговування $T'_1 = D \cdot \sum N_i = 157,5 \cdot 6 = 945$ люд.-годин, усунення відмов $T'_2 = 157,5 \cdot 1 = 157,5$ люд.-годин, технічне діагностування $T'_3 = 157,5 \cdot 1 = 157,5$ люд.-годин, зберігання $T'_4 = 157,5 \cdot 1 = 157,5$ люд.-годин.

Ефективність використання робочого часу всіх основних виконавців визначається як відношення фактично виконаного обсягу $\sum T_i$ робіт до потенційно можливого, $\sum T'_i$.

$$\mu = \frac{\sum T_i}{\sum T'_i} = \frac{840 + 76 + 82 + 92}{945 + 157,5 + 157,5 + 157,5} = 0,769$$

В тому числі за видами робіт:

$$\mu_1 = \frac{840}{945} = 0,889, \mu_2 = \frac{76}{157,5} = 0,483, \mu_3 = \frac{82}{157,5} =$$

$$0,521, \mu_4 = \frac{92}{157,5} = 0,584.$$

Ефективність використання комплексу обладнання складає:

$$\mu_0 = \frac{0,483+0,521+0,584}{3} = 0,529.$$

Висновок

Таким чином, ефективність використання слюсарів складає 89%, а спеціальних робітників можна довантажити на 48% і 42%.

Список літератури

References

1. *Sergejeva N., Aboltins A., Strupule L., Aboltina B.* Mathematical knowledge in elementary school and for future engineers. Proceedings of 17th International Scientific Conference “Engineering for rural development”. Jelgava, Latvia, May 23-25, 2018, Latvia University of Agriculture. Faculty of Engineering. Vol. 17, pp. 1166-1172.
2. *Dubbini M., Pezzuolo A., De Giglio M., Gattelli M., Curzio L., Covi D., Yezekyan T., Marinello F.* Last generation instrument for agriculture multispectral data collection. CIGR Journal, vol. 19, 2017, pp. 158-163.
3. *Yata V.K., Tiwari B.C., Ahmad, I.* Nanoscience in food and agriculture: research, industries and patents. Environmental Chemistry Letters, vol. 16, 2018, pp. 79-84.
4. *Masek J., Novak P., Jasinskas A.* Evaluation of combine harvester operation costs in different working conditions. Proceedings of 16th International Scientific Conference “Engineering for rural development”. Jelgava, Latvia, May 24-26, 2017, Latvia University of Agriculture. Faculty of Engineering. Vol. 16, pp. 1180-1185.
5. *Rogovskii I., Grubrin O.* Accuracy of converting videoendoscopy combine harvester using generalized mathematical model. Scientific Herald of National University of Life and Environmental Science of Ukraine. Series: technique and energy of APK. Kyiv, Ukraine. vol. 298, 2018, pp. 149-156. doi: 10.31548/me.2018.04.149-156.
6. *Viba J., Lavendelis E.* Algorithm of synthesis of strongly non-linear mechanical systems. In Industrial Engineering – Innovation as Competitive Edge for SME, 22 April 2006. Tallinn, Estonia, pp. 95-98.
7. *Luo A.C.J., Guo Y.* Vibro-impact Dynamics. Berlin: Springer-Verlag, 2013. 213 p.
8. *Astashev V., Krupenin V.* Efficiency of vibration machines. Proceedings of 16th International Scientific Conference “Engineering for rural development”. Jelgava, Latvia, May 24-26, 2017, Latvia University of Agriculture. Faculty of Engineering. Vol. 16, pp. 108-113.
9. *Zagurskiy O., Ohiienko M., Rogach S., Pokusa T., Titova L., Rogovskii I.* Global supply chain in context of new model of economic growth. Conceptual bases and trends for development of social-economic processes. Monograph. Opole. Poland, 2018, pp. 64-74.
10. *Drga R., Janacova D., Charvatova H.* Simulation of the PIR detector active function. Proceedings of 20th International conference on Circuits, Systems, Communications and Computers (CSCC 2016), July 14-17, 2016, E D P Sciences, 17 Ave Du Hoggar Parc D Activites Coutaboef Bp 112, F-91944 Cedex A, France, vol. 76, UNSP 04036.
11. *Novotny J.* Technical and natural sciences teaching at engineering faculty of FPTM UJEP. Proceedings of 15th International Scientific Conference “Engineering for rural development”. Jelgava, Latvia, May 23-25, 2016, Latvia University of Agriculture. Faculty of Engineering. Vol. 15, pp. 16-20.
12. *Pinzi S., Cubero-Atienza A.J., Dorado M.P.* Vibro-acoustic analysis procedures for the evaluation of the sound insulation characteristics of agricultural machinery. Journal of Sound and Vibration, vol. 266 (3), 2016, pp. 407-441.
1. *Sergejeva N., Aboltins A., Strupule L., Aboltina B.* (2018). Mathematical knowledge in elementary school and for future engineers. Proceedings of 17th International Scientific Conference “Engineering for rural development”. Jelgava, Latvia, May 23-25, 2018, Latvia University of Agriculture. Faculty of Engineering. Vol. 17, 1166-1172.
2. *Dubbini M., Pezzuolo A., De Giglio M., Gattelli M., Curzio L., Covi D., Yezekyan T., Marinello F.* (2017). Last generation instrument for agriculture multispectral data collection. CIGR Journal, vol. 19, 158-163.
3. *Yata V.K., Tiwari B.C., Ahmad, I.* (2018). Nanoscience in food and agriculture: research, industries and patents. Environmental Chemistry Letters, vol. 16, 79-84.
4. *Masek J., Novak P., Jasinskas A.* (2017). Evaluation of combine harvester operation costs in different working conditions. Proceedings of 16th International Scientific Conference “Engineering for rural development”. Jelgava, Latvia, May 24-26, 2017, Latvia University of Agriculture. Faculty of Engineering. Vol. 16, 1180-1185.
5. *Rogovskii I., Grubrin O.* (2018). Accuracy of converting videoendoscopy combine harvester using generalized mathematical model. Scientific Herald of National University of Life and Environmental Science of Ukraine. Series: technique and energy of APK. Kyiv, Ukraine. vol. 298, 149-156. doi: 10.31548/me.2018.04.149-156.
6. *Viba J., Lavendelis E.* (2006). Algorithm of synthesis of strongly non-linear mechanical systems. In Industrial Engineering – Innovation as Competitive Edge for SME, 22 April 2006. Tallinn, Estonia, 95-98.
7. *Luo A.C.J., Guo Y.* (2013). Vibro-impact Dynamics. Berlin: Springer-Verlag, 213.
8. *Astashev V., Krupenin V.* (2017). Efficiency of vibration machines. Proceedings of 16th International Scientific Conference “Engineering for rural development”. Jelgava, Latvia, May 24-26, 2017, Latvia University of Agriculture. Faculty of Engineering. Vol. 16, 108-113.
9. *Zagurskiy O., Ohiienko M., Rogach S., Pokusa T., Titova L., Rogovskii I.* (2018). Global supply chain in context of new model of economic growth. Conceptual bases and trends for development of social-economic processes. Monograph. Opole. Poland, 64-74.
10. *Drga R., Janacova D., Charvatova H.* (2016). Simulation of the PIR detector active function. Proceedings of 20th International conference on Circuits, Systems, Communications and Computers (CSCC 2016), July 14-17, 2016, E D P Sciences, 17 Ave Du Hoggar Parc D Activites Coutaboef Bp 112, F-91944 Cedex A, France, vol. 76, UNSP 04036.
11. *Novotny J.* (2016). Technical and natural sciences teaching at engineering faculty of FPTM UJEP. Proceedings of 15th International Scientific Conference “Engineering for rural development”. Jelgava, Latvia, May 23-25, 2016, Latvia University of Agriculture. Faculty of Engineering. Vol. 15, 16-20.

12. Pinzi S., Cubero-Atienza A.J., Dorado M.P. (2016). Vibro-acoustic analysis procedures for the evaluation of the sound insulation characteristics of agricultural machinery. *Journal of Sound and Vibration*, vol. 266 (3), 407-441.

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ
ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ
КОЭФФИЦИЕНТА ГОТОВНОСТИ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН

И. Л. Rogovskii

Аннотация. Установлено, что планирование и организация инженерной службы аграрных предприятий находится в запущенном состоянии. Необходимо срочное упорядочение инженерной службы аграрных предприятий путем создания комплексной системы восстановления работоспособности из обеспечения коэффициента готовности сельскохозяйственных машин с оснащением ее необходимыми техническими средствами и четкого распределения трудоемкости между исполнителями.

Ключевые слова: методология, коэффициент готовности, эффективность, сельскохозяйственная машина.

METHODOLOGICAL APPROACHES
OF EFFICIENCY ENSURE AVAILABILITY
OF AGRICULTURAL MACHINERY

I. L. Rogovskii

Abstract. It is established that the planning and organization of engineering service of agricultural enterprises is in the running state. It is urgently necessary to streamline the engineering service of agricultural enterprises through the creation of an integrated system of recovery from ensuring the availability of agricultural machines by equipping it with the necessary technical means and clear division of labor between the performers.

Key words: methodology, availability, efficiency, agricultural machine.

І. Л. Роговський ORCID 0000-0002-6957-1616.

УДК 621.81

ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ФІЗИЧНИХ НЕБЕЗПЕК НА ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСАХ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ МЕЗ НА ЗЕРНОСКЛАДАХ

С. М. Виговський, І. Л. Роговський

Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна.

Кореспонденція автора: rogovskii@nubip.edu.ua.

Історія статті: отримано – грудень 2018, акцептовано – травень 2019.

Бібл. 13, рис. 1, табл. 0.

Анотація. При дослідженні закономірностей перебігу подій-небезпек від події-причини до події-наслідку на різних виробничих процесах експлуатації МЕЗ на зерноскладах підприємств АПК встановлено, що у кожному випадку подія небезпечна ситуація утворюється внаслідок перетину певної кількості сумісних подій. При цьому у кожному окремому потоці завжди існують такі події, як причина, небезпечна ситуація, критична ситуація та наслідок, а між ними може знаходитись певна кількість проміжних подій. Важливе значення для оцінки значущості можливих наслідків у кожному потоці має визначення ймовірності кожної з подій, що входять до його складу. Особливо це стосується визначення ймовірності первинної (базової) події-причини, з якої розпочинається зазначений потік перебігу подій.

Враховуючи досвід інших авторів і власних досліджень, ймовірність базової події визначаємо за даними експертної оцінки певної кількості ідентичних мобільних енергетичних засобів, робочим місць, окремих механізмів, знарядь тощо. При цьому у такої сукупності зазначених об'єктів визначається початкова кількість існуючих небезпек і за відношенням її до загальної кількості досліджуваних об'єктів, визначаємо ймовірність відповідної базової події. В подальшому визначення ймовірностей виникнення інших подій здійснюємо за законами їх перетину чи об'єднання, або за методом логіко-імітаційного моделювання можливості виникнення події-наслідку. Отримані таким чином статистичні дані відповідно обробляються і визначається математичне сподівання можливості виникнення події, що характеризує стан небезпечності від одного або від певної кількості небезпечних факторів досліджуваного об'єкта.

Ключові слова: моделювання, безпека, виробництво, процес, зерносклад.

Постановка проблеми

Чисельні аварії і різні за ступенем важкості травми працюючих на механізованих процесах експлуатації МЕЗ на зерноскладах підприємств АПК свідчать про те, що механізатору у сучасних умовах виробництва продовжують часто загрожувати

небезпеки фізичного, хімічного, біологічного та психофізіологічного походження. Зазначені небезпеки отримали назви від видів небезпечних виробничих факторів, відповідна класифікація яких передбачена нормативними документами з охорони праці.

Аналіз останніх досліджень

Відомо, що фізичні небезпеки найбільш поширені у сільськогосподарському виробництві [1], зокрема і при експлуатації МЕЗ на зерноскладах підприємств АПК [2], та, незважаючи на це, вони найменше досліджені. Особливо це стосується процесів зародження [3], формування [4] та виникнення подій-небезпек [5] при експлуатації МЕЗ на зерноскладах підприємств АПК, закономірностей виникнення їх причин та наслідків [6]. Майже недослідженими на сьогоднішній день є кількісні та якісні показники значущості фізичних небезпек, що негативно впливає на розробку заходів щодо запобігання їх наслідкам [7]. З наукових публікацій можна виділити ряд праць, які внесли певний вклад у дослідження подій-небезпек і, зокрема таких, як небезпечні ситуації [8]. У роботі [9] подію-небезпеку, з появою якої виникають небезпечні виробничі фактори [10] або подія-умова [11], при якій вони можуть діяти на людину [12], запропоновано називати небезпечною ситуацією [13].

Мета досліджень

Метою роботи є окреслення аналітичних передумов імітаційного моделювання фізичних небезпек на виробничих процесах при експлуатації МЕЗ на зерноскладах підприємств АПК.

Результати досліджень

Встановлено, що у зародженні, формуванні та можливому виникненні небезпечних ситуацій при експлуатації МЕЗ на зерноскладах підприємств АПК приймають участь події-небезпеки, що породжуються кожним з елементів певної людино-машинної системи: людини, машини та виробничого середовища.

Фізичні небезпеки це особливий вид небезпек, які характеризуються дією на людину фізичних небезпечних факторів. Серед чисельної групи фізичних факторів у момент їх виникнення можна помітити, що більшість з них мають різні характеристики за значущістю. Наприклад, при руйнуванні круга заточувального верстата заздалегідь невідомо, який за масою чи розмірами уламок може діяти на людину, з якою силою предмет, що падає з певної висоти, нанесе удар людині тощо.

В окремих випадках значущість небезпечного фактора може бути такою, що на випадок його дії на людину може очікуватися летальний наслідок. У таких факторів показник значущості за розрахунками іноді у багато разів може перевищувати смертельну значущість. Це вибухи посудин, що працюють під тиском, мобільний енергетичний засіб, що перекидаються на кабінку, платформи (кузови), що підняті за допомогою механізмів гідросистем і мають можливість падати, падаючі з підставок масивні предмети, будівлі або їх елементи, що обрушуються, приводи, що можуть захопити одяг працюючого тощо. Якщо при дії на людину небезпечного фактора будь-якого виду не може виникнути пошкодження здоров'я з помітними наслідками, то таку значущість слід вважати допустимою. У зв'язку з цим для оцінки значущості будь-якого небезпечного фактора, незалежно від його природи, властивостей, особливостей дії на людину, слід шукати такий показник, який для усіх груп (класів) небезпечних виробничих факторів був би універсальним. Одночасно це повинен бути показник (критерій) для визначення кількісної величини потенційної або реальної небезпеки від певного небезпечного фактора.

Для пояснення поняття значущість небезпеки необхідно використати величини, що характеризують значущість небезпечного фактора, можливість його виникнення на певному робочому місці та можливість дії на працюючого.

Приймаючи до уваги, що для значної кількості небезпечних факторів значущість є величиною випадковою, то визначати її можна за відповідною ймовірністю. При цьому для небезпечних факторів, що мають постійну значущість, ймовірність її умовно приймемо за одиницю. Якщо ймовірність значущості небезпечного фактора наближається до 0, то відповідно наближається до 0 і ймовірність наслідку від його дії на людину. Відповідно максимальна значущість небезпеки від такого фактора буде мати позначення $P_{зфм}$.

На підставі логічних досліджень встановлено, що значущість (масштаб, розмір, концентрація токсичної речовини у повітрі робочої зони тощо) певної небезпеки, як випадкова подія, розкривається при одночасному настанні усіх сумісних подій, що характеризують значущість небезпечних виробничих факторів $A_з$, можливість його виникнення на певному робочому місці $B_в$ і можливість дії цього фактора на людину $C_д$. При відомих значеннях ймовірностей усіх зазначених подій у певний момент часу, ймовірність значущості небезпеки від одного небезпечного виробничого фактора $P_{зн}$ можна визначити за формулою:

$$P_{зн} = P(A_з \cdot B_в \cdot C_д) = P_{зф} \cdot P_в \cdot P_д, \quad (1)$$

де $P_{зф}$, $P_в$ і $P_д$ – ймовірності значущості, можливого виникнення та можливої дії небезпечного фактора на людину відповідно.

Отримана формула (1) справедлива для будь-якого небезпечного виробничого фактора незалежно від його природи, особливостей дії на людину тощо. Важливо лише у реальних умовах виробництва визначити його фактичні значення ймовірностей значущості, а також значення ймовірностей можливостей його виникнення та дії на людину.

Застосовуючи системний підхід до аналізу функціонування людино-машинних (ергатичних) систем, усю сукупність подій-небезпек, що породжуються різними елементами таких систем, можна розглядати як множини і для їх аналізу можна застосовувати елементи теорії множин: операції об'єднання та перетину подій, комутативний, дистрибутивний та асоціативний закони, закони поглинання, операції з невизначеними множинами, булеві тотожності тощо. Завдяки цьому зазначені операції можуть виконуватись незалежно від кількості елементів, що належать певній множині. Це дозволяє аналізувати множини, які мають один елемент або не мають жодного (порожня множина). Виходячи з цього, усі зазначені закони і операції теорії множин можна використовувати для аналізу випадкових подій, що виникають при функціонуванні ергатичних систем сільськогосподарського призначення. Так як події A , B і C (1) є сумісними, то при одночасному їх настанні утвориться множина N , що характеризує перетин цих подій. Тоді формулу (1) можна записати так:

$$N = A \cap B \cap C, \quad (2)$$

де \cap – символ перетину подій A , B і C .

Формула (1) для обчислення ймовірності значущості реальної або потенційної небезпеки від одного небезпечного фактора має важливе значення для вибору і обґрунтування заходів і засобів щодо запобігання виникненню наслідків від небезпеки, яка може виникнути від одного небезпечного фактора. Вона дозволяє ще на стадії проектування машин, технологічного устаткування, установок, споруд, будівель, робочих місць, виробничих процесів тощо, вибрати доцільний захід (засіб), завдяки якому унеможливиться виникнення певної події-небезпеки та її наслідку. Це стане можливим, якщо у формулі (1) одна з множин, наприклад C , буде не визначеною або порожньою. Це означатиме, що множини B і C не будуть мати спільних елементів. Тоді $B \cap C = O$. Так як порожня множина грає роль нуля у відповідних операціях, то за формулою (2) можна визначити наслідок:

$$N = A \cap B \cap C = A \cap (B \cap C) = A \cap O = O \quad (3)$$

З формули (3) випливає, що при наданні будь-якій з множин (подій) невизначеності, множина N стає порожньою. Відповідно ймовірність значущості небезпеки приймає нульове значення. Це означає, що той захід, який призведе до невизначеності значущості небезпеки, унеможливить виникнення наслідку, бо при цьому зникає сама небезпека.

Для розробки системи управління безпекою на виробництві важливим є кількісний та якісний аналіз небезпек на певних робочих місцях. Так як основним критерієм оцінки можливості виникнення небезпеки з певною значущістю є ймовірність зазначеної події, то при цьому метод оперативного визначення ймовірності виникнення досліджуваної події набуває головного значення. Це завдання можна розв'язати таким чином. В умовах конкретного виробництва вибирають найбільш небезпечний виробничий процес, певний машинно-тракторний агрегат або окреме робоче місце. За виробничими умовами, характером виконуваної технологічної операції та іншими даними визначають види небезпечних факторів, будують логічну модель процесу перебігу подій, визначають статистичну залежність (незалежність) між подіями і за законами теорії множин і відповідними операціями визначають ймовірність можливого виникнення досліджуваної події чи її наслідку.

На рис. 1 показана (наближена до реальної) логічна модель перебігу подій від A і E до події T з визначенням ймовірності можливого виникнення найбільш важливих проміжних подій та їх наслідків. Рис. 1: A, E – події-причини; $B, C, D, G, F, K, M, H, L$ і Q – проміжні події; S_1 і S_2 – небезпечні ситуації; KS – критична ситуація; T – наслідок.

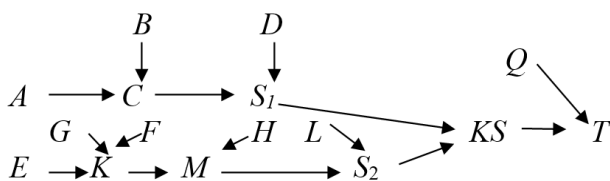


Рис. 1. Логічна модель утворення небезпечних ситуацій.

Fig. 1. The logical model of the generation of hazardous situations.

На рисунку показана схема утворення критичної ситуації KS і її наслідку T від об'єднання двох потоків випадкових подій. У зазначених потоках події S_1 і S_2 є небезпечними ситуаціями, що мають однаковий зміст але формуються вони з різних початкових і проміжних подій. Тому подія KS може виникнути при умові реалізації першого або другого потоку з відповідними наслідками. Це означає, що критична ситуація KS може виникнути лише від об'єднання подій S_1 і S_2 . У свою чергу ситуація S_1 утворюється від послідовного перетину подій першого потоку:

$$C = A \cap B, \text{ а } S_1 = C \cap D, \text{ тоді } S_1 = A \cap B \cap D. \quad (4)$$

Відповідно подія S_2 може виникнути від слідуєчих перетинів:

$$K = E \cap G \cap F, M = K \cap H, S_2 = M \cap L. \quad (5)$$

Подія-наслідок T виникне від перетину події KS з додатковою подією-небезпекою Q :

$$T = KS \cap Q. \quad (6)$$

Так як у першому потоці події A, B і D є незалежними між собою, а подія S_1 може виникнути лише при умові попереднього виникнення події C , то ймовірність її виникнення можна визначити за формулою:

$$P_{S_1} = P_A \cdot P_B \cdot P_{D/C}, \quad (7)$$

де P_A і P_B – значення ймовірностей подій A і B відповідно; $P_{D/C}$ – ймовірність події D при умові, що виникла подія C .

Аналогічно можна записати формулу для визначення ймовірності події S_2 :

$$P_{S_2} = P_E \cdot P_G \cdot P_F \cdot P_{H/K} \cdot P_{L/M}, \quad (8)$$

де P_E, P_G, P_F – ймовірності подій E, G і F відповідно; $P_{H/K}$ і $P_{L/M}$ – ймовірності подій H і L при умові, що події K і M виникли, відповідно.

Ймовірність події KS визначиться шляхом об'єднання подій S_1 і S_2 за формулою:

$$P_{KS} = (P_{S_1} + P_{S_2}) = P_{S_1} + P_{S_2} - P_{S_1} \cdot P_{S_2}. \quad (9)$$

Тоді

$$P_T = P_{KS} \cdot P_{Q/KS}, \quad (10)$$

де $P_{Q/KS}$ – ймовірність події Q при відомому значенні KS .

Таким чином ймовірність наслідку T за формулою (10) визначають при умові, що подія KS уже відбулась і вона тягне за собою виникнення події T .

Описаний метод оцінки подій за їх ймовірностями у випадкових потоках їх перебігу має важливе значення для аналізу можливих наслідків, що виникають на виробничих процесах АПК. Наприклад, при виконанні транспортних робіт агрегатом у складі мобільного енергетичного засобу, такого як колісного трактора класу 1,4 трапляються такі події як занесення трактора і перекидання трактора на кабінку з наслідками у вигляді аварій і важких травм працюючих.

Відомо, що подія занесення трактора при певних додаткових умовах може призвести до виникнення події перекидання трактора. У таких випадках небезпечною ситуацією слід вважати подію перекидання трактора, бо при цьому з моменту перекидання він стає небезпечним фактором. Наступною критичною ситуацією буде подія-аварія руйнування кабіни з наслідком травмування механізатора.

Так як в описаних ситуаціях не можна знизити ймовірність значущості небезпечного фактора і абсолютно виключити перекидання трактора в умовах виробництва, то єдиним заходом захисту механізатора від важкого травмування може бути застосування в конструкціях їх кабіни жорсткого каркасу. Аналогічно можна обґрунтувати застосування найбільш раціональних засобів або способів щодо запобігання аваріям і важким травмам механізаторів на різних виробничих процесах.

При дослідженні закономірностей перебігу подій-небезпек від події-причини до події-наслідку на різних виробничих процесах встановлено, що у кожному випадку подія небезпечна ситуація утворюється внаслідок перетину певної кількості сумісних подій. При цьому у кожному окремому потоці завжди існують такі події, як причина, небезпечна ситуація, критична ситуація та наслідок, а між ними може знаходитись певна кількість проміжних подій. Важливе значення для оцінки значущості можливих наслідків у кожному потоці має визначення ймовірності кожної з подій, що входять до його складу. Особливо це стосується визначення ймовірності

первинної базової події-причини, з якої розпочинається зазначений потік перебігу подій.

Враховуючи досвід інших авторів і власних досліджень, ймовірність базової події визначаємо за даними експертної оцінки певної кількості сукупності ідентичних машинно-тракторних агрегатів, робочим місць, окремих механізмів, знарядь тощо. При цьому у такої сукупності зазначених об'єктів визначається початкова кількість існуючих небезпек і за відношенням її до загальної кількості досліджуваних об'єктів сукупності, визначаємо ймовірність відповідної базової події. В подальшому визначення ймовірностей виникнення інших подій здійснюємо за законами операціями їх перетину чи об'єднання, або за методом логіко-імітаційного моделювання можливості виникнення події-наслідку. Отримані таким чином статистичні дані відповідно обробляються і визначається математичне сподівання можливості виникнення події, що характеризує стан небезпечності від одного або від певної кількості небезпечних факторів досліджуваного об'єкта.

Висновки

1. Встановлено, що у кожному досліджуваному процесі перебігу подій-небезпек завжди приймають участь події, які входять до складу формули (1) з імовірностями P_v і P_d . Ймовірності зазначених подій разом з ймовірністю значущості небезпечних виробничих факторів P_f утворюють сукупність ймовірностей сумісних подій, які за формулою (1) визначають основний показник значущості досліджуваного небезпечного фактора – ймовірність значущості відповідної небезпеки.

2. З формули (1) також видно, що зниження ймовірності будь-якої із зазначених подій до 0 порожня множина, наслідок не відбудеться, бо значущість небезпеки також наблизиться до 0. Це створює широкі можливості для обґрунтованого вибору заходів і засобів щодо унеможливлення виникнення наслідку певної небезпечної ситуації ще на стадії проектування відповідної машини чи робочого місця.

Список літератури

1. *Ivanovs S., Bulgakov V., Nadykto V., Kuvachov V.* Theoretical investigation of turning ability of two-machine sowing aggregate. Proceedings of 17th International Scientific Conference “Engineering for rural development”. Jelgava, Latvia, May 23-25, 2018, Latvia University of Agriculture. Faculty of Engineering. Vol. 17, pp. 314-322.

2. *Bulgakov V., Pascuzzi S., Nadykto V., Ivanovs S.* A mathematical model of the plane-parallel movement of an asymmetric machine and tractor aggregate. Journal of Agricultural Engineering. Vol. 49, No 1, 2018, pp. 258-271.

3. *Bulgakov V., Ivanovs S., Adamchuk V., Nowak J.* Theoretical investigation of steering ability of movement of asymmetric swath header and tractor aggregate. Proceedings of 17th International Scientific Conference “Engineering for rural development”. Jelgava, Latvia, May 23-25, 2018, Latvia University of Agriculture. Faculty of Engineering. Vol. 17, pp. 301-308.

4. *Knapczyk A., Francik S., Pedryc N., Hebda T.* Bibliometric analysis of research trends in engineering for rural development. Proceedings of 17th International Scientific Conference “Engineering for rural development”. Jelgava, Latvia, May 23-25, 2018, Latvia University of Agriculture. Faculty of Engineering. Vol. 17, pp. 700-707.

5. *Dubbini M., Pezzuolo A., De Giglio M., Gattelli M., Curzio L., Covi D., Yezekyan T., Marinello F.* Last generation instrument for agriculture multispectral data collection. CIGR Journal, vol. 19, 2017, pp. 158-163.

6. *Viba J., Lavendelis E.* Algorithm of synthesis of strongly non-linear mechanical systems. In Industrial Engineering – Innovation as Competitive Edge for SME, 22 April 2006. Tallinn, Estonia, pp. 95-98.

7. *Pinzi S., Cubero-Atienza A.J., Dorado M.P.* Vibro-acoustic analysis procedures for the evaluation of the sound insulation characteristics of agricultural machinery. Journal of Sound and Vibration, vol. 266 (3), 2016, pp. 407-441.

8. *Yata V.K., Tiwari B.C., Ahmad, I.* Nanoscience in food and agriculture: research, industries and patents. Environmental Chemistry Letters, vol. 16, 2018, pp. 79-84.

9. *Voinalovych A. V., Motrich M. N.* Control of the technical state of agricultural aggregates by facilities of fault detection. Mechanization in agriculture. Sofia. Bulgaria, Year LXI, ISSN 0861-9638, issue 12, 2015, pp. 29-31.

10. *Виговський С. М., Роговський І. Л.* Інженерні заходи забезпечення охорони праці при експлуатації МЕЗ на зерноскладах підприємств АПК. Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: механізація та автоматизація виробничих процесів. Суми, 2016. Вип. 10/3 (31). С. 168–173.

11. *Виговський С. М., Роговський І. Л.* Логічна модель процесу перебігу подій-небезпек в заходах охорони праці при експлуатації МЕЗ на зерноскладах підприємств АПК. 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. 2017. Вип. 275. С. 325–335.

12. *Виговський С. М., Роговський І. Л.* Вдосконалення навчання з охорони праці при експлуатації МЕЗ на зерноскладах підприємств АПК. Проблеми та перспективи розвитку технічних та біоенергетичних систем природокористування. XVIII

Міжнародна конференція науково-педагогічних працівників, наукових співробітників та аспірантів: збірник тез. м. Київ, Україна, 26–30 березня 2018 року. Київ. 2018. С. 180–183.

13. *Виговський С. М., Роговський І. Л.* Підвищення безпеки праці при забезпеченні стійкості руху МЕЗ на зерноскладах підприємств АПК. Збірник тез доповідей XIV Міжнародної наукової конференції «Рациональне використання енергії в техніці. TechEnergy 2018» (19-22 травня 2018 року). Національний університет біоресурсів і природокористування України. Київ. 2018. С. 136–138.

References

1. *Ivanovs S., Bulgakov V., Nadykto V., Kuvachov V.* (2018). Theoretical investigation of turning ability of two-machine sowing aggregate. Proceedings of 17th International Scientific Conference “Engineering for rural development”. Jelgava, Latvia, May 23-25, 2018, Latvia University of Agriculture. Faculty of Engineering. Vol. 17, 314-322.

2. *Bulgakov V., Pascuzzi S., Nadykto V., Ivanovs S.* (2018). A mathematical model of the plane-parallel movement of an asymmetric machine and tractor aggregate. Journal of Agricultural Engineering. Vol. 49, No 1, 258-271.

3. *Bulgakov V., Ivanovs S., Adamchuk V., Nowak J.* (2018). Theoretical investigation of steering ability of movement of asymmetric swath header and tractor aggregate. Proceedings of 17th International Scientific Conference “Engineering for rural development”. Jelgava, Latvia, May 23-25, 2018, Latvia University of Agriculture. Faculty of Engineering. Vol. 17, 301-308.

4. *Knapczyk A., Francik S., Pedryc N., Hebda T.* (2018). Bibliometric analysis of research trends in engineering for rural development. Proceedings of 17th International Scientific Conference “Engineering for rural development”. Jelgava, Latvia, May 23-25, 2018, Latvia University of Agriculture. Faculty of Engineering. Vol. 17, 700-707.

5. *Dubbini M., Pezzuolo A., De Giglio M., Gattelli M., Curzio L., Covi D., Yezekyan T., Marinello F.* (2017). Last generation instrument for agriculture multispectral data collection. CIGR Journal, vol. 19, 158-163.

6. *Viba J., Lavendelis E.* (2006). Algorithm of synthesis of strongly non-linear mechanical systems. In Industrial Engineering – Innovation as Competitive Edge for SME, 22 April 2006. Tallinn, Estonia, 95-98.

7. *Pinzi S., Cubero-Atienza A.J., Dorado M.P.* (2016). Vibro-acoustic analysis procedures for the evaluation of the sound insulation characteristics of agricultural machinery. Journal of Sound and Vibration, vol. 266 (3), 407-441.

8. *Yata V.K., Tiwari B.C., Ahmad, I.* (2018). Nanoscience in food and agriculture: research, industries and patents. Environmental Chemistry Letters, vol. 16, 79-84.

9. *Voinalovych A.V., Motrich M.N.* (2015). Control of the technical state of agricultural aggregates by facilities

of fault detection. Mechanization in agriculture. Sofia. Bulgaria, Year LXI, ISSN 0861-9638, issue 12, 29-31.

10. *Vygovskii, S. M., Rogovskii I. L.* (2016). Engineering measures to ensure safety in the operation of the IES at the granaries of agricultural enterprises. Bulletin of Sumy National Agrarian University. Series: mechanization and automation of production processes. The amount of, Vol. 10/3 (31). 168-173.

11. *Vygovskii, S. M., Rogovskii I. L.* (2017). Logical process model flow of events-dangers in the activities of occupational safety in the operation of the extraction plant on silos of agribusiness. Scientific Herald of National University of Life and Environmental Science of Ukraine. Series: Technique and energy of APK. Kyiv. Vol. 275. 325-335.

12. *Vygovskii, S. M., Rogovskii I. L.* (2018). Improvement of education on labor protection during operation of the IES at the granaries of agricultural enterprises. Problems and prospects of development of technical and bioenergetic environmental management systems. XVIII International conference of scientific and pedagogical workers, scientific employees and postgraduates: abstracts. Kyiv, Ukraine, 26-30 March 2018. Kyiv. 180-183.

13. *Vygovskii, S. M., Rogovskii I. L.* (2018). Improving workplace safety while ensuring the sustainability of the movement MEZ on the granaries of agricultural enterprises. The book of abstracts XIV International scientific conference "Rational use of energy in technology. TechEnergy 2018" (19-22 May 2018). National University of life and environmental Sciences of Ukraine. Kyiv. 136-138.

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ОПАСНОСТЕЙ НА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССАХ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ МЭС НА ЗЕРНОСКЛАДАХ *С. М. Выговский, И. Л. Роговский*

Аннотация. При исследовании закономерностей течения событий-опасностей от события-причины, события-следствия на различных производственных процессах эксплуатации МЭС на зерноскладах предприятий АПК установлено, что в каждом случае событие опасная ситуация образуется в результате пересечения определенного количества совместимых событий. При этом в каждом отдельном потоке всегда существуют такие события, как причина, опасная ситуация, критическая ситуация и следствие, а между ними может находиться определенное количество промежуточных событий. Важное значение для оценки значимости возможных последствий в каждом потоке имеет определение вероятности каждого из событий, входящих в его состав. Особенно это касается определения вероятности первичной (базовой) события-причины, с которой начинается указанный поток течения событий.

Учитывая опыт других авторов и собственных исследований, вероятность базового события определяем по данным экспертной оценки определенного количества идентичных мобильных энергетических средств, рабочих мест, отдельных механизмов, орудий и тому подобное. При этом в

такой совокупности указанных объектов определяется начальное количество существующих опасностей и за ее отношением к общему количеству исследуемых объектов, определяем вероятность соответствующей базовой события. В дальнейшем определение вероятностей возникновения других событий осуществляем по законам их пересечения или объединения, или методом логико-имитационного моделирования возможности возникновения события-следствия. Полученные таким образом статистические данные обрабатываются и определяется математическое ожидание возможности возникновения события, что характеризует состояние опасности от одного или от определенного количества опасных факторов исследуемого объекта.

Ключевые слова: моделирование, опасность, производство, процесс, зерносклад.

SIMULATION OF PHYSICAL HAZARDS IN PRODUCTION PROCESSES WHEN OPERATING THE EXTRACTION PLANT ON SILOS

S. M. Vygovskii, I. L. Rogovskii

Abstract. In the study of regularities of the course of events-dangers of the event-the causes, the events, the investigation on various production processes of operation of the IES at the granaries of agricultural enterprises it is established that in each case the event a dangerous situation is formed by the intersection of a certain number of compatible events. In each individual thread there are always events, such as cause a dangerous situation, critical situation and consequence, and between them can be a certain amount of intermediate events. Important to assess the significance of possible consequences in each thread is the determination of the probability of each events that enter into its composition. This is especially true for determining the probability of the primary (base) event-causes, which begins with the specified stream flow events.

Given the experience of other authors and our own research, the probability of basic events defined according to expert evaluations of a certain number of identical mobile power tools, work areas, separate mechanisms, tools and the like. Thus in this set of these objects is determined by the initial amount of existing hazards and the number of examined objects, and determine the probability of the corresponding basic events. In the future, the definition of probability of occurrence of the other events implemented by the laws of their intersection or Union, or by the logic-simulation of the possibility of events of the investigation. Thus obtained statistical data shall be processed and determined by the mathematical expectation of the possibility of events that characterizes the condition of danger from one or a certain number of dangerous factors of the object.

Key words: modeling, risk, manufacture, process, granary.

С. М. Виговський ORCID 0000-0002-0357-3141.

І. Л. Роговський ORCID 0000-0002-6957-1616.

УДК 631.362+631.56

ПЕРСПЕКТИВНИЙ ПІДХІД У ЗБЕРІГАННІ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР

С. В. Кюрчев, В. О. Верхоланцева, Л. М. Кюрчева

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, Україна.

Кореспонденція авторів: *valentyna.verkholantseva@gmail.com*.

Історія статті: отримано – грудень 2018, акцептовано – травень 2019.

Бібл. 18, рис. 5, табл. 0.

Анотація. Запропоновано застосовувати у зерносховищі процес охолодження з використанням пульсаційного зворушення зернової маси, яке відбувається за рахунок утворення імпульсів. Продукція знаходиться на певній відстані від підлоги, розподілення пневмопотоків до сипкого середовища здійснюється через колектор, який під'єднується окремо до кожного піддона, які розташовані паралельно один одному для полегшення доступу та здатності утворення стоячої хвилі. Наявність діафрагми та пружних елементів забезпечують періодичне відсікання та ущільнення пневмокамери з нагнітальним контуром вентилятора

Дане розташування конструкції дозволить реалізувати переваги використання стоячої хвилі для зворушення зерна по всій площі піддону, що було відзначено вище. Розташування піддону на певній відстані від підлоги нівелює насичення вологою зернової продукції знизу, де має місце максимальна концентрація вологи. Виведення вологи, що утворюється за рахунок конденсації через перепад температур у сховищі, здійснюється внаслідок поєднання розробленого процесу зворушення, що виводить вологу на поверхню зернового шару; з розробленим процесом централізованої вентиляції потоком холодоносія, що виводить вологу з поверхні зернового шару назовні із зерносховища.

Запропонований спосіб зберігання зернової маси у піддонах дає можливість значно зменшити витрати при будівництві та обслуговуванні зерносховища. Опорна поверхня піддону виготовляється із металом, що по периметру оббивається листовим металом для збільшення несучої здатності конструкції та можливості закріплення системи піддонів на спеціальних опорних стійках.

Ключові слова: зерносховище, охолодження, зернова маса, модель, зберігання, барботування, зворушення, технологія.

Постановка проблеми

Технологія зберігання насіння зібраної зернової і олійної продукції є одним з визначальних факторів стабілізації загального виробництва зерна та олії і надійності їх використання.

Якщо зберігання насіння зернових і олійних культур на великих сільськогосподарських підприємствах вирішується на достатньому рівні, то для невеликих фермерських господарств з обмеженими ресурсами це є проблемою [1, 2, 3].

Тому необхідно сприяти подальшому розвитку системи зберігання насіння зернової продукції, а саме будувати новітні зерносховища і впроваджувати ефективні технології, що відповідають сучасному науково-технічному рівню, а також особливостям зберігання зерна кожної культури [4].

Аналіз останніх досліджень

За останні роки аграрна галузь, яка займається вирощуванням, зберіганням та переробкою продукції сільського господарства, пройшла складний шлях розвитку і вдосконалення. У більшості господарств основним видом продукції, яка зберігається, є зерно та насіння різних сільськогосподарських культур.

Проаналізувавши роботи багатьох дослідників в цьому напрямку, які вивчають процеси зберігання, що відбувається у ході зберігання, створення обладнання для переробки та зберігання зерна, таким чином обґрунтовує актуальність розробки зерносховищ із затосуванням пневмоімпульсного барботування у господарствах, які дозволять зберегти показники якості, а можливо і покращити їх у період зберігання [5, 6, 7, 8].

Мета досліджень

Метою дослідження є розробка перспективного зерносховища, яке дозволить зберегти зернову масу та моделювання самого процесу охолодження з визначенням показників, які впливають на формування процесу охолодження.

Результати досліджень

Аналізуючи сучасні системи зберігання зерна, можна відмітити, що також досить широко використовуються як зерносховища – безкаркасні ангари. За характеристиками такі ангари нічим не

поступаються капітальним будівлям, дають можливість за короткий термін покрити досить велику площу, при цьому вартість і терміни зведення такого зерносховища в рази менше у порівнянні з іншими.

Залежно від експлуатаційних вимог у ангарі можлива установка будь-яких необхідних систем: контролю температури, вентиляції, охолодження, досушування, теплоізоляції, крім того, забезпечується надійний захист як від атмосферних опадів, так і від псування зерна гризунами і птахами.

Таким чином, існуюче різноманіття засобів для зберігання зерна (зерносховищ) показує, що багато з

них мають суттєві недоліки такі, як складність та вартість, що обмежує їх більш широке використання у відносно невеликих фермерських господарства.

Має місце складнощі з герметизацією, завантаженням та розвантаженням зернової продукції та ін.

Тому необхідно продовжувати роботи по подальшому розробленню технологій зберігання зернової продукції у зерносховищах із застосуванням активного вентилявання, барботування продукції під час зберігання тощо.

Нами представлені переваги і недоліки застосування зерносховищ ангарного типу (рис. 1).

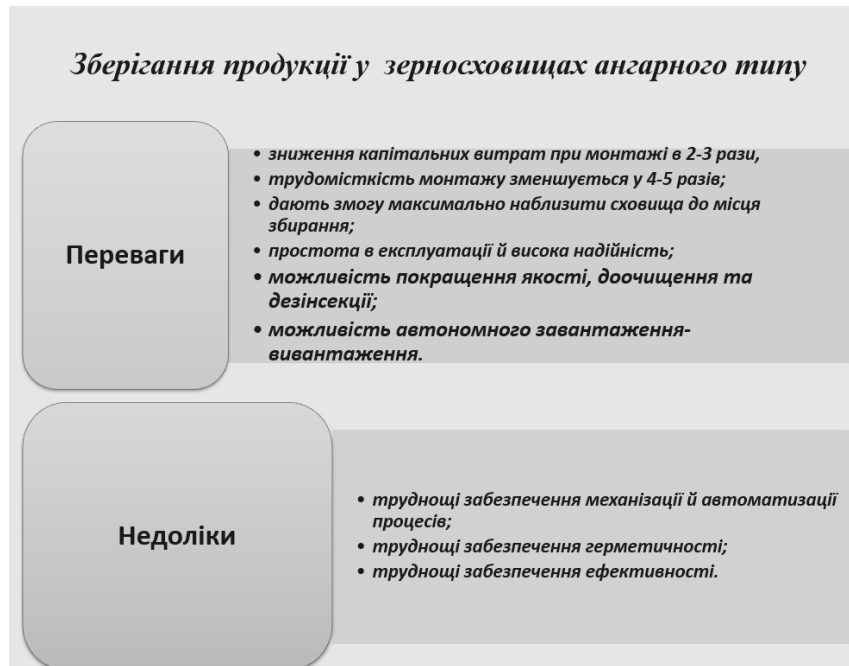


Рис. 1. Переваги і недоліки методу зберігання зернових культур в ангарах.

Fig. 1. Advantages and disadvantages of the method of storage of cereals in hangars.

Пропонуємо використовувати зерносховища ангарного типу у яких застосовувати вібрацію, яка в свою чергу впливає на інтенсивність як циркуляційного, так і відносного руху часток продукції в робочій камері по різних та хаотично складних траєкторіях в умовах контакту з потоками тепло- або холодоносія, зумовлюючи оптимальні умови для здійснення тепло- та масообміну за можливості регулювання параметрів процесу [9, 10, 11, 12].

У технологічному режимі процес зчеплення між частками зернової маси послаблюється, що призводить до виникнення станів псевдозрідження і псевдотекучості, внаслідок чого створюються сприятливі умови для ефективного перемішування маси за рахунок збільшення площі контактної взаємодії та знижуються витрати на переміщення сировини за рахунок зменшення внутрішнього тертя [13, 14, 15, 16].

Наведена схема експериментальної установки для дослідження системи охолодження із зворушуванням.

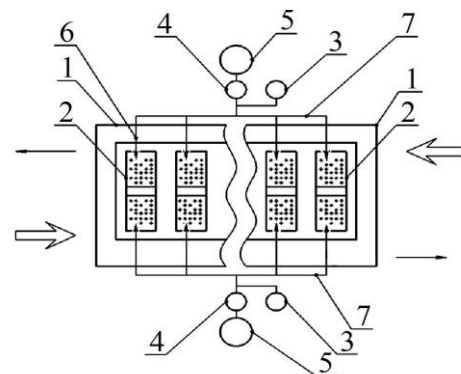


Рис. 2. Схема експериментальної установки для дослідження системи охолодження із зворушуванням зерна: 1 – зерносховище; 2 – піддони; 3 – вентилятор; 4 – пневмоімпульсний барботер; 5 – охолоджувачі; 6 – колектори; 7 – трубопроводи.

Fig. 2. Schematic of an experimental unit for the study of the cooling system with a touch of grain: 1 – granary; 2 – pallets; 3 – fan; 4 – pneumo-pulse bubbler; 5 – coolers; 6 – collectors; 7 – pipelines.

Таким чином, можемо очікувати такі технологічні переваги:

- дане розташування пневмоімпульсного генератора дозволяє реалізувати переваги використання стоячої хвилі для зворушення зерна по всій площі піддону, що було відзначено вище;

- розташування піддону на певній відстані від підлоги нівелює насичення вологою зернової продукції знизу, де має місце максимальна концентрація вологи;

- виведення вологи, що утворюється за рахунок конденсації через перепад температур у сховищі, здійснюється шляхом поєднання розробленого процесу зворушення, що виводить вологу на поверхню зернового шару;

- з розробленим процесом централізованої вентиляції потоком холодоносія, який виводить вологу з поверхні зернового шару назовні із зерносховища;

- опорна поверхня піддону виготовляється із металу, що по периметру оббивається листовим металом для збільшення несучої здатності конструкції та можливості закріплення системи піддонів на спеціальних опорних стійках.

Серед конструктивно-технологічних засобів інтенсифікації основних процесів досліджуваної системи зберігання використовували три їх схеми реалізації: вібраційні, хвильові та пневмодинамічні імпульсні, які поєднує одна фізична природа, що полягає у знакозмінній дії на сипкі технологічні середовища. У процесі зворушення насінневого зернового матеріалу у сховищі була застосована схема пневмоімпульсної дії на сипке середовище, що дозволило за порівняно низьких енерговитрат створити стоячу хвилю, енергія якої значно інтенсифікує контактну взаємодію потоку холодоносія всередині зернової маси.

Перед тим, як будувати регресійну модель, проведено дослідження на наявність ефекту мультиколеніарності, тобто наявність кореляційного зв'язку між факторами.

Усі парні коефіцієнти кореляції між факторами мають значення, близькі по модулю до одиниці, що свідчить про високий рівень кореляційного зв'язку між ними.

Тому побудували регресійну модель у вигляді:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + b_5x_5 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{14}x_1x_4 + b_{15}x_1x_5 + b_{23}x_2x_3 + b_{24}x_2x_4 + b_{25}x_2x_5 + b_{34}x_3x_4 + b_{35}x_3x_5 + b_{45}x_4x_5.$$

Регресійну модель будували за методом найменших квадратів. Після перевірки на значущість розрахованих параметрів та адекватності моделі виявилось, що всі параметри моделі незначимі, а сама модель при цьому адекватна. Цей факт свідчить про наявність мультиколеніарності.

Для побудови регресійної моделі в умовах мультиколеніарності було вилучено ряд незначимих факторів: $x_1x_2, x_1x_4, x_1x_5, x_2x_4, x_2x_5, x_3x_4, x_3x_5, x_4x_5$.

Також було введено фіктивний фактор $x_{45}^f = x_1 - (a_0 + a_4x_4 + a_5x_5)$.

Отримана наступна регресійна моделі:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + b_fx_{45}^f + b_{2f}x_2x_{45}^f.$$

Розрахунок параметрів моделі проведено за методом найменших квадратів. Після підстановки фіктивного фактору у явному виді отримана наступна регресійна моделі:

$$y = 26,4885 + 9,1946x_1 - 0,3885x_2 - 7,1785x_3 - 0,002102x_4 + 2,376x_5 - 0,1239x_1x_3 + 0,6611x_2x_3 - 0,6794x_1x_2 + 0,0001673x_2x_4 - 0,1889x_2x_5.$$

Перевірка значимості параметрів моделі за критерієм Ст'юдента при рівні значимості 0,05 показала, що усі параметри моделі значимі.

Перевірка адекватності моделі за критерієм Фішера показала, що модель адекватна ($F_{наліб} = 44,24 > F_{табл}(0,05;9;18) = 2,46$).

Середнє квадратичне відхилення похибки дорівнює $\sigma_e = 0,096$. Множинний коефіцієнт детермінації $R^2 = 0,939$, що свідчить про суттєвий вплив факторів на показник клейковини в порівнянні з випадковими факторами.

Для пошуку оптимальних значень факторів проведемо аналіз регресійної моделі методами класичної оптимізації [17, 18].

Для цього розв'язували систему рівнянь і знаходили стаціонарні точки:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial y}{\partial x_1} &= 9,194 - 0,123x_3 - 0,679x_2 = 0 \\ \frac{\partial y}{\partial x_2} &= -0,388 + 0,661x_3 - 0,679x_1 + 0,00016x_4 - 0,188x_5 = 0 \\ \frac{\partial y}{\partial x_3} &= -7,078 - 0,123x_1 + 0,661x_2 = 0 \\ \frac{\partial y}{\partial x_4} &= -0,002 + 0,000167x_2 = 0 \end{aligned} \right\}$$

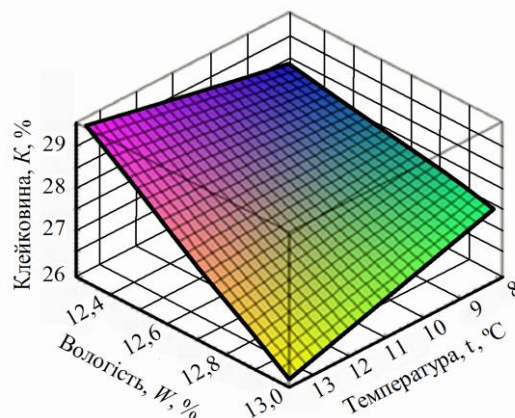


Рис. 3. Залежність вмісту клейковини від вологості зерна W та температури зерна t_{cep} при фіксованих значеннях факторів: $P = 10800 \text{ м}^3/\text{год}$, $t_{xo} = 4,0^\circ\text{C}$, $t_n = 5,2^\circ\text{C}$.

Fig. 3. Dependence of gluten content on grain moisture W and grain temperature t_s at fixed values of factors: $P = 10800 \text{ m}^3/\text{h}$, $t_{cl} = 4,0^\circ\text{C}$, $t_{st} = 5,2^\circ\text{C}$.

Розв'язок системи рівнянь: $x_1 = 9,57, x_2 = 12,5, x_3 = 5,72$.

Оптимальні значення змінних x_4 і x_5 знаходили з аналізу експериментальних даних відповідно до

знайдених оптимальних значень x_1 , x_2 , x_3 . Знайдені оптимальні значення спостерігаються приблизно на двадцять четвертому тижні, при цьому показники факторів $x_4 = 10800$ і $x_5 = 4$.

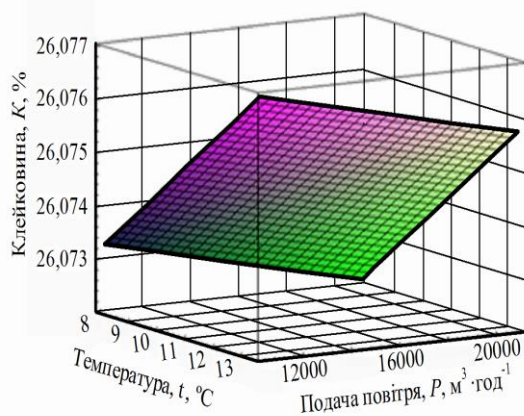


Рис. 4. Залежність вмісту клейковини від температури зерна $t_{сер}$ та об'ємної подачі повітря P при фіксованих значеннях факторів: $W = 12,5\%$, $t_{x0} = 4,0^\circ\text{C}$, $t_n = 5,2^\circ\text{C}$.

Fig. 4. Dependence of gluten content on grain temperature t_s and volumetric air supply P at fixed values of factors: $W = 12,5\%$, $t_{cl} = 4,0^\circ\text{C}$, $t_{st} = 5,2^\circ\text{C}$.

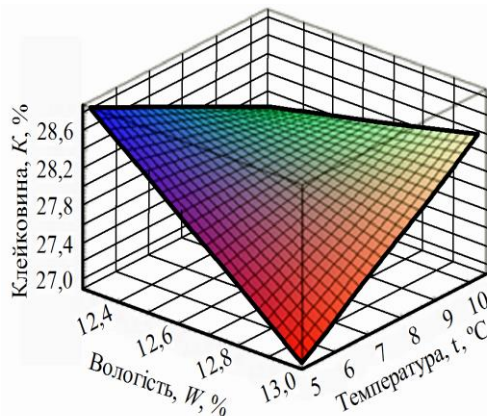


Рис. 5. Залежність вмісту клейковини від вологості зерна W та температури повітря у зерносховищі t при фіксованих значеннях факторів $t_3 = 9,5^\circ\text{C}$, $t_{хд} = 4^\circ\text{C}$, $V = 10800\text{ м}^3/\text{год}$.

Fig. 5. Dependence of gluten content on grain moisture W and air temperature in granary t at fixed values of factors: $t_3 = 9.5^\circ\text{C}$, $t_x = 4^\circ\text{C}$, $V = 10800\text{ м}^3/\text{h}$.

Таким чином, найбільше значення клейковини досягається на 24 тижні при значенні факторів.

Середня температура зерна в зерносховищі $(9,57 \pm 1,76)^\circ\text{C}$.

Вологість оброблюваного матеріалу $(12,5 \pm 0,32)\%$.

Температура повітря у зерносховищі $(5,72 \pm 1,76)^\circ\text{C}$.

Об'ємна подача повітря $(10800 \pm 4093)\text{ м}^3/\text{год}$.

Температура холодоагента $(4 \pm 1,6)^\circ\text{C}$.

При цьому прогнозований показник клейковини

знаходиться в довірчому інтервалі $[28,1 \pm 0,1]\%$.

Висновки

1. Необхідні значення вмісту клейковини у продукції дорівнює $28,1\%$ за таких раціональних параметрах режиму зберігання: вологості зернового матеріалу $12,5\%$, об'ємній подачі повітря $10800\text{ м}^3/\text{год}$, температурі холодоагента $4,0^\circ\text{C}$, температурі повітря у сховищі $5,72^\circ\text{C}$, середній температурі насипного зерна у зерносховищі $9,57^\circ\text{C}$.

Список літератури

1. Кюрчев С. В., Верхоланцева В. А. Конструктивные особенности установки для сушки и охлаждения зерна активным вентилированием. Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету [Електронний ресурс]. Мелітополь. 2015. Вип.5, Т.1. – С. 108 – 113. Режим доступу: <http://nauka.tsatu.edu.ua/e-journals-tdata/e-index.html>.

2. Кюрчева Л. М., Григоренко О. В., Кюрчев С. В. Технологія переробки та зберігання сільськогосподарської продукції.: Мелітополь, ТОВ «Видавничий будинок ММД», 2013. 126 с.

3. Ялпачик В. Ф., Загорко Н. П., Скляр О. Г., Кюрчев С. В., Буденко С. Ф., Верхоланцева В. О., Паляничка Н. О., Кюрчева Л. М., Циб В. Г. Обладнання складів. Зберігання зерна і зернопродуктів: Мелітополь: Видавничий будинок Мелітопольської міської друкарні, 2018. 293 с.

4. Кюрчев С. В., Верхоланцева В. О. Визначення параметрів оптимізації процесу охолодження зерна. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Харків: ХНТУСГ імені Петра Василенка, 2015. Вип. 163. С. 228–239.

5. Ялпачик В. Ф., Загорко Н. П., Паляничка Н. О., Буденко С. Ф., Самойчук К. О., Кюрчев С. В., Верхоланцева В. О., Олексієнко В. О., Циб В. Г. Технологічне обладнання для переробки продукції рослинництва: Мелітополь: Видавничий будинок Мелітопольської міської друкарні, 2017. 278 с.

6. Ялпачик В. Ф., Кюрчев С. В., Стручаєв М. І., Верхоланцева В. О. Дослідження процесу теплообміну при охолодженні шару зерна пшениці. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Харків: ХНТУСГ імені Петра Василенка, 2015. Вип. 166. С. 50–56.

7. Кюрчев С. В., Верхоланцева В. А. Разработка рекомендации по хранению пшеницы в зернохранилище. Праці ТДАТУ. Мелітополь. 2017. Вип. 17. Т. 3. С. 166–173.

8. Кюрчев С. В., Верхоланцева В. О., Паляничка Н. О. Візуалізація конструкції зерносховища та процесу охолодження. «Розвиток харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі: проблеми, перспективи, ефективність», присвяченої 50-річчю заснування Харківського державного університету харчування та торгівлі: Матеріали Міжнародної науково-практичної

конференції, Харків, 18 травня 2017 р.: Тези доповідей. Ч. 1. Харків. 2017. С. 258–260.

9. Кюрчев С. В., Леженкін О. М., Кюрчева Л. М., Верхоланцева В. О. Застосування процесу охолодження пшениці у технології зберігання зерна. II Міжнародна науково-практична конференція «Інноваційні аспекти розвитку обладнання харчової і готельної індустрії в умовах сучасності» до 85-річчя Таврійського державного агротехнологічного університету та 50-річчя Харківського державного університету харчування та торгівлі 5–7 вересня 2017 року. Харків-Мелітополь-Кирилівка. Україна, Наукове фахове видання. С. 65–66.

10. Кюрчев С. В., Верхоланцева В. О., Кюрчева Л. М. Процес теплообміну між зернівками та охолоджувальним повітрям у зернохосовищі. XI Міжнародна науково-технічна конференція, Одеса, 21–22 вересня 2017 р. Сучасні проблеми холодильної техніки та технології, Наукове фахове видання. С. 228–229.

11. Кюрчев С. В., Кюрчева Л. М., Верхоланцева В. О. Перспективний процес зберігання зерна із застосуванням охолодження у зернохосовищі. XVIII Міжнародної наукової конференції присвяченої 117-річчю від дня народження академіка Петра Мефодійовича Василенка «Сучасні проблеми землеробської механіки» 16–18 жовтня 2017 р., м. Кам'янець-Подільський, Наукове фахове видання. С. 141–143.

12. Паламарчук І. П., Кюрчев С. В., Верхоланцева В. О. Застосування вібротехнологій у процесах зберігання сільськогосподарської продукції. Матеріали IV міжнародної науково-практичної конференції (17–18 травня 2018р., м. Умань). Імпортозамінні технології вирощування, зберігання і переробки продукції садівництва та рослинництва. С. 113–115.

13. Паламарчук І. П., Кюрчев С. В., Верхоланцева В. О. Використання продукта зберігання у виробництві. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Агроекологічні аспекти виробництва та переробки продукції сільського господарства», 7–8 червня 2018 року. Мелітополь-Кирилівка, 2018. С. 55.

14. Скалецька Л. В., Духовська Т. М., Сеньков А. М. Технологія зберігання і переробки продукції рослинництва. Практикум. Київ. Вища школа. 1994. 330 с.

15. Кюрчев С. В. Конструктивні особливості зернохосовища із застосуванням охолодження. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. НУБІП, 2018. Вип. 298. С. 105–110.

16. Pavlo Fedirko, Volodymyr Krol, Serhii Kiurchev Materials science and metalworking : collective monograph. Kraków; Kamianets-Podilskyi, 2017. 355 p.

17. I. Palamarchuk, S. Kiurchev, V. Verkholtantseva, N. Palianychka, O. Hryhorenko Optimization of the Parameters for the Process of Grain Cooling. Renewable Energy Sources: Engineering, Technology, Innovation, Springer Proceedings in Energy. 2018. Chapter No. 94. P. 981–988.

18. Lesya ZbaravskaI, Serhii Kiurchev, Olha Chaikovska Scientific achievements in enviromental and life science, Polish Ukrainian cooperation. Scientific monograph. Монографія Scientific monograph. Vol. II. Монографія ISBN: 978-83-65180-20-9, Kraków, 2018, p. 141.

References

1. Kiurchev S. V., Verkholtantseva V. O. (2015). Constructive features of the plant for drying and cooling the grain by active ventilation. Scientific herald of the Taurian State Agrotechnological University [Electronic resource]. Melitopol T.1, 108–113. Mode of access: <http://nauka.tsatu.edu.ua/e-journals-tdata/e-index.html>.

2. Kiurcheva L. M., Grigorenko O. V., Kiurchev S. V. (2013). Technology of processing and storage of agricultural products .: Melitopol, LLC Publishing House MMD, 126 pp .: II.

3. Yalpachik V. F., Zagorko N. P., Sklyar O. G., Kiurchev S. V., Budenko S. F., Verkholtantseva V. O., Palyanichka N. O., Kiurcheva L. M., Tsyb V. G. (2018). Warehouse equipment Storage of grain and grain products: Melitopol: Publishing house of Melitopol city printing house, 293.

4. Kiurchev S. V., Verkholtantseva V. O. (2015). Determination of parameters of optimization of the process of cooling the grain. Bulletin of Kharkiv National Technical University of Agriculture named after. Petr Vasilenko. Kharkiv: KhNTUSG them. Petr Vasilenko, 228–239.

5. Yalpachik V. F., Zagorko N. P., Palyanichka N. O., Budenko S. F., Samoichuk K. O., Kiurchev S. V., Verkholtantseva V. O., Oleksiienko V. O., Tsyb V. G. (2017). 0Technological equipment for processing crop production: Melitopol: Publishing house of Melitopol city printing house, 278.

6. Yalpachik V. F., Kiurchev S. V., Strochayev M. I., Verkholtantseva V. O. (2015). Investigation of the process of heat exchange during cooled layer of wheat grain. Bulletin of Kharkiv National Technical University of Agriculture named after. Petr Vasilenko. Kharkiv: KhNTUSG them. Petr Vasilenko, 166. 50–56.

7. Kiurchev S. V., Verkholtantseva V. O. (2017). Development of a recommendation on storing wheat in a grain storage facility. The work of TDATU. Melitopol, Issue 17, T.3. 166–173.

8. Kiurchev S. V., Verkholtantseva V. O., Palyanichka N. O. (2017). Visualization of the design of the granary and the cooling process. "Development of Food Production, Restaurant and Hospitality and Trade: Problems, Prospects, Effectiveness" dedicated to the 50th anniversary of the establishment of the Kharkiv State University of Nutrition and Trade: Materials of the International Scientific and Practical Conference, Kharkiv, May 18, 2017: Abstracts 1. Scientific Professional Edition. 258–260.

9. Kiurchev S. V., Lezhenkin O. M., Kiurcheva L. M., Verkholtantseva V. O. (2017). Application of the cooling process of wheat in grain storage technology. II International Scientific and

Practical Conference "Innovative Aspects of Food and Hotel Industry Development in Contemporary Conditions" to the 85th Anniversary of the Taurian State Agrotechnological University and the 50th Anniversary of the Kharkov State University of Food and Trade 5-7 September 2017 Kharkiv-Melitopol-Kyrylivka Ukraine, Scientific Specialty Edition. 65-66.

10. *Kiurchev S. V., Verkholtantseva V. O., Kiurcheva L. M.* (2017). The process of heat exchange between grains and cooling air in a grain storage facility. XI International Scientific and Technical Conference, Odessa, September 21-22, 2017 Modern Problems of Refrigeration Technology and Technology, Scientific Specialty Edition. 228-229.

11. *Kiurchev S. V., Kiurcheva L. M., Verkholtantseva V. O.* (2017). A promising grain storage process with cooling in a grain storage facility. XVIII International Scientific Conference devoted to the 117th anniversary of the birth of Academician Petro Vasilyenko "Modern Problems of Agricultural Mechanics" October 16-18, 2017, Moscow Kamyanskyi-Podilsky, Scientific Special Edition. 141-143.

12. *Palamarchuk I. P., Kiurchev S. V., Verkholtantseva V. O.* (2018). Application of vibrotechnologies in the processes of storage of agricultural products. Materials of the IV International Scientific and Practical Conference (May 17-18, 2018, Uman). Importation-replacing technologies of growing, storing and processing of products of gardening and plant growing. 113-115.

13. *Palamarchuk I. P., Kiurchev S. V., Verkholtantseva V. O.* (2018). Use of the storage product in the production. Materials of the international scientific-practical conference "Agro-ecological aspects of production and processing of agricultural products", June 7-8, 2018. Melitopol-Kyrylivka, 55.

14. *Skaletska L. V., Dukhovskaya T. M., Sen'kov A. M.* (1994). Technology of storage and processing of crop production. Workshop. Kiev. High school. 330.

15. *Kiurchev S. V.* (2018). The process of cooling in a grain storage facility for the storage of grain products with subsequent implementation in production. Scientific herald of the National University of Bioresources and Nature Management of Ukraine. Kyiv: NUBIP, Vol. 9. T. 3, 83-90.

16. *Pavlo Fedirko, Volodymyr Krol, Serhii Kiurchev* (2017). Materials science and metalworking : collective monograph. Kraków; Kamianets-Podilskyi. 355.

17. *I. Palamarchuk, S. Kiurchev, V. Verkholtantseva, N. Palianychka, O. Hryhorenko* Optimization of the Parameters for the Process of Grain Cooling. Renewable Energy Sources: Engineering, Technology, Innovation, Springer Proceedings in Energy – 2018. Chapter No 94. 981-988.

18. *Lesya Zbaravska, Serhii Kiurchev, Olha Chaikovska* (2018). Scientific achievements in environmental and life science, Polish Ukrainian cooperation. Scientific monograph. Scientific monograph. Vol. II. ISBN: 978-83-65180-20-9, Kraków, 141.

ПЕРСПЕКТИВНЫЙ ПОДХОД В ХРАНЕНИИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

С. В. Кюрчев, В. А. Верхоланцева, Л. М. Кюрчева

Аннотация. Предложено применять в зернохранилище процесс охлаждения с использованием пульсационного взоруживания зерновой массы, которое происходит за счет образования импульсов. Продукция находится на определенном расстоянии от пола, распределения пневмопотоке к сыпучей среде здійснюється через коллектор, который подсоединяется отдельно к каждому поддону, которые расположены параллельно друг другу для облегчения доступа и способности образования стоячей волны. Наличие диафрагмы и упругих элементов обеспечивают периодическое отсечения и уплотнения пневмокамеры с нагнетательным контуром вентилятора

Данное расположение конструкции позволит реализовать преимущества использования стоячей волны для взоруживания зерна по всей площади поддона, что было отмечено выше. Расположение поддона на определенном расстоянии от пола нивелирует насыщения влагой зерновой продукции снизу, где имеет место максимальная концентрация влаги. Вывод влаги, образующейся за счет конденсации из-за перепада температур в хранилище, осуществляется в результате сочетания разработанного процесса умиления, что выводит влагу на поверхность зернового слоя; разработанному процессом централизованной вентиляции потоком хладонотителя, что выводит влагу с поверхности зернового слоя наружу из зернохранилища.

Предложенный способ хранения зерновой массы в поддонах дает возможность значительно уменьшает затраты при строительстве и обслуживании зернохранилища. Опорная поверхность поддона изготавливается из металлом, по периметру оббивается листовым металлом для увеличения несущей способности конструкции и возможности закрепления системы поддонов на специальных опорных стойках.

Ключевые слова: зернохранилище, охлаждения, зерновая масса, модель, хранения, барботирования, волнения, технология.

PERSPECTIVE APPROACH IN GRAIN STORAGE

S. V. Kiurchev, V. A. Verkholtantseva, L. N. Kiurcheva

Abstract. It is proposed to apply a cooling process in the granary using the pulsating motion of the grain mass, which occurs due to the formation of pulses. The products are located some distance from the floor, the distribution of air flows to the flowing medium is effected through a manifold that connects separately to each pallet, which are parallel to each other for ease of access and ability to form a standing wave. The presence of the diaphragm and elastic elements ensure periodic cutting and sealing of the pneumatic chamber with the fan discharge circuit

This arrangement of the constructions will realize the benefits of using a standing wave to move the grain over the entire pallet area, as noted above. The location of the pallet at a certain distance from the floor eliminates the saturation of moist grain products from below, where the

maximum moisture concentration occurs. The removal of moisture formed by condensation due to the temperature difference in the storage is carried out due to the combination of the developed process of displacement, which brings moisture to the surface of the grain layer; with a developed process of centralized ventilation with a stream of coolant, which removes moisture from the surface of the grain layer outside the granary.

The proposed method of storage of grain mass in the pallets makes it possible to significantly reduce the cost of construction and maintenance of the granary. The support surface of the pallet is made of metal, which is lined with sheet metal around the perimeter to increase the load-bearing capacity of the structure and the possibility of securing the pallet system on special support posts.

Key words: granary, cooling, grain mass, model, storage, bubbling, moving, technology.

С. В. Кюрчев ORCID 0000-0001-6512-8118.

В. О. Верхоланцева ORCID 0000-0003-1961-2149.

Л. М. Кюрчева ORCID 0000-0002-8225-3399.

Зміст

1. Статистична модель надійності культиваторів з коливальним рухом робочих органів <i>О. І. Алфьоров</i>	5-9
2. Розробка пристрою для автоматичного фенотипування насінневого матеріалу соняшнику <i>Е. Б. Алієв</i>	11-17
3. Вплив кута зміщення кривошипів на динаміку роликів формувальної установки із врахуванням дисипативних властивостей енергетично врівноваженого привідного механізму <i>В. С. Ловейкін, К. І. Почка, Ю. О. Ромасевич, Ю. В. Ловейкін</i>	19-33
4. Тенденції приготування кормосумішей для корів в умовах тваринницької ферми господарства <i>В. С. Хмельовський</i>	35-40
5. Оцінка ринку транспортних послуг України <i>О. М. Загурський</i>	41-46
6. Тенденції конструктивного вдосконалення комбінованих очисників вороху коренеплодів цикорію <i>В. Д. Войтюк, Є. О. Олійник, М. В. Попаненко</i>	47-54
7. Розробка рекомендацій щодо підвищення безпеки руху транспортних засобів і пішоходів на ділянці дороги села Усівка Київської області <i>І. О. Колосок, І. В. Лаврінець</i>	55-60
8. Оцінка тривалості життєвого циклу транспортного засобу <i>О. М. Загурський, Є. А. Тесленко</i>	61-66
9. Стратегічний аналіз середовища розвитку людського потенціалу Причорноморського регіону <i>М. М. Огієнко, А. В. Огієнко, Л. В. Назарова</i>	67-82
10. Перспективні джерела струму мобільної сільськогосподарської техніки <i>О. В. Надточій, Л. Л. Тітова</i>	83-90
11. Дослідження потреби в оснащенні АПВ обладнанням для тваринництва <i>А. О. Науменко, Д. С. Тимчук, О. А. Науменко</i>	91-96
12. Модель організаційно-економічного механізму застосування ресурсозберігаючих технологій в молочному скотарстві <i>Н. І. Болтянська</i>	97-105
13. Дослідження енергетичних співвідношень при аналізі автоколивальної системи <i>О. М. Черниш</i>	107-112
14. Визначення дійсного радіусу кочення пневматичних коліс <i>Г. А. Голуб, В. В. Чуба</i>	113-119
15. Ймовірнісний метод аналізу ступеню небезпеки експлуатації тракторів на засадах даних дефектоскопії деталей <i>О. В. Войналович, О. А. Гнатюк, Л. Л. Тітова, О. Г. Поліщук</i>	121-126
16. Нормативне регулювання працевлаштування студентів, що навчаються на денному відділенні <i>Л. Е. Піскунова, Т. О. Зубок, Б. В. Кислицький</i>	127-131
17. Концептуальні основи сучасної теорії руйнування ґрунтів сільськогосподарського призначення. Контент-аналіз та критичний погляд на теорію академіка В. Л. Баладінського <i>Ю. В. Човнюк, Ю. О. Гуменюк, І. М. Сівак</i>	133-139
18. Математична модель динаміки зміни вильоту стрілової системи крана-маніпулятора з вантажем при суміщенні рухів <i>В. С. Ловейкін, Ю. О. Ромасевич, О. О. Сподоба</i>	141-149

19. CFD моделювання компактного пучка труб та виведення критеріального рівняння числа Nu <i>В. І. Троханяк</i>	151-158
20. Дослідження процесу виробництва дизельного біопалива з технічних жирів <i>М. М. Муштрук</i>	159-164
21. Особливості технічного обстеження та паспортизації прийнятих в експлуатацію об'єктів будівництва <i>Н. О. Костира, О. М. Малишев, В. М. Бакуліна</i>	165-169
22. Обґрунтування основних принципів створення високопродуктивної ґрунтообробної техніки сільськогосподарського призначення <i>І. М. Сівак, Ю. В. Човнюк, Ю. О. Гуменюк</i>	171-175
23. Методологічні підходи ефективності забезпечення коефіцієнта готовності сільськогосподарських машин <i>І. Л. Rogovський</i>	177-187
24. Імітаційне моделювання фізичних небезпек на виробничих процесах при експлуатації МЕЗ на зерноскладах <i>С. М. Виговський, І. Л. Rogovський</i>	189-194
25. Перспективний підхід у зберіганні зернових культур <i>С. В. Кюрчев, В. О. Верхованицева, Л. М. Кюрчева</i>	195-201

Contents

1. Statistical model of reliability of cultivators with vibratory movement of working bodies <i>O. I. Alfyorov</i>	5-9
2. Development of device for automatic phenotyping of seedflower material <i>E. B. Aliiev</i>	11-17
3. Influence of a corner of shift of cranks on dynamics of roller forming installation taking into account dissipative properties of energetically balanced driving mechanism <i>V. S. Loveikin, K. I. Pochka, Yu. O. Romasevich, Yu. V. Loveikin</i>	19-33
4. Tendencies for preparing corrosive muscles for crops in conditions of military fertilizers of agriculture <i>V. S. Khmelevsky</i>	35-40
5. Evaluation of market of transport services of Ukraine <i>O. M. Zagurskiy</i>	41-46
6. Trends in constructive improvement of combined purifiers of hulls of root crops chicory <i>V. D. Voytyuk, Y. O. Olijnyk, M. V. Potapenko</i>	47-54
7. Development of recommendations for improving the safety of movement of vehicles and pedestrians on road section of village Usovka Kiev region <i>A. I. Kolosok, I. V. Lavrinec</i>	55-60
8. Length of life cycle assessment of vehicle <i>O. M. Zagurskiy, E. A. Teslenko</i>	61-66
9. Strategic analysis of environment for development of human capacity of principal mores region <i>M. M. Ohienko, A. V. Ohienko, L. V. Nazarova</i>	67-82
10. Perspective sources of mobile agricultural machinery currency <i>O. V. Nadtochy, L. L. Titova</i>	83-90
11. Research requirements for application for animal equipment <i>A. O. Naumenko, D. S. Tymchuk, O. A. Naumenko</i>	91-96
12. Model of organizational-economic application mechanism resource savings in animal breeding <i>N. I. Boltyanska</i>	97-105
13. Research of power correlations is at analysis of autoswaying system <i>O. M. Chernysh</i>	107-112
14. Determination of rolling radius of pneumatic wheels <i>G. A. Golub, V. V. Chuba</i>	113-119
15. Probabilistic method of analysis of degree of operating hazards of tractors on basis of detection details <i>O. V. Voinalovych, O. A. Hnatiuk, L. L. Titova, O. G. Polischuk</i>	121-126
16. Normative regulation of employment of students on day studying form <i>L. E. Piskunova, T. O. Zubok, B. V. Kislytsky</i>	127-131
17. Conceptual bases of modern theory of destruction of soils of agricultural purpose. Content analysis and critical view on theory of academician V. L. Baladinsky <i>Yu. V. Chovnyuk, Yu. O. Gumenyuk, I. M. Sivak</i>	133-139
18. Mathematical model of dynamics varying the radius jib system loader crane with load at adjustment movement <i>V. S. Loveikin, Yu. O. Romasevich, O. O. Spodoba</i>	141-149

19. CFD modeling of compact bundle of tubes and outputting the criterion equation of Nu number <i>V. I. Trokhaniak</i>	151-158
20. Investigation of process of biodiesel production from technical fats <i>M. M. Mushtruk</i>	159-164
21. Features of technical inspection and passportization of construction objects <i>N. O. Kostyra, O. M. Malyshev, V. M. Bakulina</i>	165-169
22. Substantiation of basic principles of creation of high-efficiency soil-processing technology for agricultural appointment <i>I. M. Sivak, Yu. V. Chovnyuk, Yu. O. Gumenyuk</i>	171-175
23. Methodological approaches of efficiency ensure availability of agricultural machinery <i>I. L. Rogovskii</i>	177-187
24. Simulation of physical hazards in production processes when operating the extraction plant on silos <i>S. M. Vygovskii, I. L. Rogovskii</i>	189-194
25. Perspective approach in grain storage <i>S. V. Kiurchev, V. A. Verkholtantseva, L. N. Kiurcheva</i>	195-201

Guidelines for authors (2019)

The journal publishes the original research papers. The papers (min. 6 pages) should not exceed 16 pages including tables and figures. Acceptance of papers for publication is based on two independent reviews commissioned by the Editor.

Authors are asked to transfer to the Publisher the copyright of their articles as well as written permissions for re-production of figures and tables from unpublished or copyrighted materials.

Articles should be submitted electronically to the Editor and fulfill the following formal requirements:

- Clear and grammatically correct script in English,
- Format of popular Windows text editors (A4 size, 10 points Times New Roman font, single interline, left and right margin of 2,0 cm),
- Every page of the paper including the title page, text, references, tables and figures should be numbered,
- SI units should be used.

Please organize the script in the following order (without subtitles):

Title, Author(s) name (s), Affiliations, Full postal addresses, Corresponding author's e-mail
Abstract (up to 200 words), Keywords (up to 5 words), Introduction, Materials and Methods, Results, Discussion (a combined Results and Discussion section can also be appropriate), Conclusions (numbered), References, Tables, Figures and their captions.

Note that the following should be observed:

An informative and concise title; Abstract without any undefined abbreviations or unspecified references; No no-menclature (all explanations placed in the text);

References cited by the numbered system (max 5 items in one place); Tables and figures (without frames) placed out of the text (after References) and figures additionally prepared in the graphical file format jpg or cdr.

Make sure that the tables do not exceed the printed area of the page. Number them according to their sequence in the text. References to all the tables must be in the text.

Do not use vertical lines to separate columns. Capitalize the word 'table' when used with a number, e.g. (Table 1).

Number the figures according to their sequence in the text. Identify them at the bottom of line drawings by their number and the name of the author. Special attention should be paid to the lettering of figures – the size of lettering must be big enough to allow reduction (even 10 times). Begin the description of figures with a capital letter and observe the following order, e.g. Time(s), Moisture (% vol), (% m³m⁻³ or (% gg⁻¹), Thermal conductivity (W m⁻¹K⁻¹).

Type the captions to all figures on a separate sheet at the end of the manuscript.

Give all the explanations in the figure caption. Drawn text in the figures should be kept to a minimum. Capitalize and abbreviate 'figure' when it is used with a number, e.g. (Fig. 1).

Colour figures will not be printed.

Make sure that the reference list contains about 30 items. It should be numbered serially and arranged al-phabeticly by name of first author and then others, e.g.

7. Zhen Zhang, Menglong Liu, Zhongqing Su, Yi Xiao. (2019). Quantitative evaluation of residual torque of a loose bolt based on wave energy dissipation and vibro-acoustic modulation: A comparative study. *Journal of Sound and Vibration*. 383. 156-170.

References cited in the text should be given in parentheses and include a number e.g. [7].

Any item in the References list that is not in English, French or German should be marked, e.g. (in Italian), (in Ukrainian).

Leave ample space around equations. Subscripts and superscripts have to be clear. Equations should be numbered serially on the right-hand side in parentheses. Capitalize and abbreviate 'equation' when it is used with a number, e.g. Eq. (1). Spell out when it begins a sentence. Symbols for physical quantities in formulae and in the text must be in italics. Algebraic symbols are printed in upright type.

Acknowledgements will be printed after a written permission is sent (by the regular post, on paper) from persons or heads of institutions mentioned by name.

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Machinery & Energetics
Journal of Rural Production Research

since 2010 till 2018
[Scientific Herald of National University of Life and Environmental Science of Ukraine. Series:
Technique and Energy of APK]

Техніка та енергетика
Журнал наукових досліджень сільськогосподарського виробництва

з 2010 року до 2018 року
[Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України.
Серія: техніка та енергетика АПК]

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ

ВИПУСК 10

№ 1

Свідоцтво про державну реєстрацію
Серія КВ №23828 – 13668 ПР від 01.03.2019

Редактор І. Л. Роговський

03041, Київ-41, вул. Героїв оборони, 15

Здано до набору 22.05.2019
Формат 60×84/16
Наклад 100 прим.

Підписано до друку 22.05.2019
Папір офсетний.
Зам. № 6742 від 22.05.2019

Редакційно-видавничий відділ НУБіП України
03041, Київ, пров. Сільськогосподарський, 4.
т. 527-80-49