

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

В І С Н И К
ХАРКІВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО
УНІВЕРСИТЕТУ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА
ІМЕНІ ПЕТРА ВАСИЛЕНКА

ТЕХНІЧНІ НАУКИ

Випуск 190

«МЕХАНІЗАЦІЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА»

Харків 2018

УДК 631.171
ББК 40.71

Друкується за рішенням вченої ради Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка від 29.03.2017 р., протокол № 8.

В збірник включені наукові праці Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка, провідних вищих навчальних закладів, науково-дослідних інститутів і підприємств, в яких відображені результати теоретичних і експериментальних досліджень.

Редакційна колегія:

Доцент, к. т. н. **Нанка О. В.** (відповідальний редактор); професор, д. т. н. **Власовець В. М.**; доцент, д. т. н. **Шуляк М. Л.** (відповідальний секретар); професор, д. т. н. **Мельник В. І.**; професор, д. т. н. **Пастухов В. І.**; член-кореспондент НААНУ, професор **Мазоренко Д. І.**; член-кореспондент НААНУ, професор **Пузік В. К.**; професор, д. т. н. **Лебедєв А. Т.**; професор, д. т. н. **Артьомов М. П.**; професор, д. т. н. **Войтов В. А.**; професор, д. т. н. **Завгородній О. І.**; доцент, к. т. н. **Антощенков Р. В.**; доцент, к. т. н. **Харченко С. О.**; доцент, к. т. н. **Лук'яненко В. М.**; професор, к. т. н. **Бакум М. В.**; доцент, к. т. н. **Кірієнко М. М.**

Технічний секретар: **Шуляк М. Л.**

Відповідальний за випуск **Власовець В. М.**

Наукове фахове видання
Вісник Харківського національного технічного університету сільського
господарства імені Петра Василенка
Випуск 190

«Механізація сільськогосподарського виробництва»

ISBN 5-7987-0176 X

© Харківський національний технічний
університет сільського господарства
імені Петра Василенка, 2018 р.

АНОТАЦІЯ

Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка (ХНТУСГ) включає статті, в яких приведені результати науково-дослідних робіт, проведених в університеті, а також в інших навчальних закладах України, на підприємствах, що мають сільськогосподарський профіль.

У вісник включені статті за напрямками: механотроніка технічних систем; тракторна енергетика; експлуатація машинно-тракторного парку; сільськогосподарські машини; якість, стандартизація та сертифікація; механізація тваринницьких ферм і безпека життєдіяльності. Вісник розрахований на наукових співробітників, викладачів, аспірантів, магістрів, студентів інженерно-технічних факультетів вузів сільськогосподарського профілю, фахівців сільськогосподарського виробництва.

АННОТАЦИЯ

Вестник Харьковского национального технического университета сельского хозяйства имени Петра Василенко (ХНТУСХ) включает статьи, в которых приведены результаты научно-исследовательских работ, проведенных в университете, а также в других учебных заведениях Украины, на предприятиях, которые имеют сельскохозяйственный профиль.

Вестник содержит статьи за направлениями: механотроника технических систем; тракторная энергетика; эксплуатация машинно-тракторного парка; сельскохозяйственные машины; качество, стандартизация и сертификация; механизация животноводческих ферм и безопасность жизнедеятельности. Вестник рассчитан на научных сотрудников, преподавателей, аспирантов, магистров, студентов инженерно-технических факультетов вузов сельскохозяйственного профиля, специалистов сельскохозяйственного производства.

ABSTRACT

The bulletin of the Kharkiv national technical university of agriculture of the name of Peter Vasilenko (KHNTUSKH) includes the articles, in that the brought results over of the research works conducted in an university, and also in other educational establishments of Ukraine, on enterprises that have an agricultural profile.

In announcer the included articles after directions: mechatronics engineering systems; tractor energy; exploitation of machine tractor park; agricultural machines; quality, standardization and certification; mechanization of stock-raising farms and safety of vital functions. An announcer is counted on research workers, teachers, graduate students, master's degrees, students of technical faculties of institutions of higher learning of agricultural profile, specialists of agricultural production.

СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ МАШИНИ З ПРУЖИННИМИ СТІЙКАМИ КРІПЛЕННЯ РОБОЧИХ ОРГАНІВ

Циганенко М. О., к.т.н., доц., Романашенко О. А., доц.,
Сировицький К. Г., ст. викл., Качанов В. В., інж.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства
імені Петра Василенка*

В статті представлені результати досліджень по застосування пружинних стійок для кріплення до рами робочих органів культиваторів, дискових борін, луцильників, а також сошників сівалок. Конструктивно пружинні стійки являють собою плоскі пружини, найчастіше S-подібної форми.

Пружинні стійки мають здатність пружинної деформації, що забезпечує рух робочих органів в поздовжньому і поперечному напрямку, результатом якого покращується кришення ґрунту, запобігається забивання робочих органів рослинними рештками, а також їх руйнування. Все це знижує тяговий опір к відповідно знижує витрату палива та підвищення продуктивності. Пружинні стійки широко застосовуються при виробництві ґрунтообробних машин та сівалок ведучими зарубіжними фірмами виробниками і вітчизняними: «Letken», «Va ðerstad», «Gaspardo», «Great Plains», «Ko ðklrling», «Слобода», «Завод Красілівмаш», «Степаненко і К», «Лозівські машини», «Черваона зірка. Ельворті».

Вітчизняна фірма «Лозівські машини» з метою підвищення якості виконання технологічних операцій по обробітці ґрунту провела разом з ведучими кафедрами ХНУСГ, дослідження для виявлення впливу жорсткості пружинних стійок на показники якості, та тягово-енергетичні показники роботи дискової борони-луцильника «Дукат-4». Дослідження роботи «Дукат-4» з пружинними стійками проводились з трьома видами стіок по жорсткості: максимальної, середньої та мінімальної. Результати досліджень показали перевагу, як за якістю роботи, так і по тягово-енергетичними показниками стійок середньої жорсткості.

Ключові слова: пружинна стійка, робочий орган, ґрунтообробні машини, якість обробітку.

На різноманітних ґрунтообробних с/г машинах для поверхневого обробітку ґрунту та сівби, кріплення робочих органів до рами здійснюється в основному двома способами: або жорстко, або з допомогою пружинних стійок. Конструктивно пружинні стійки являють собою плоскі пружини найчастіше S-подібної форми. Ці пружинні стійки застосовуються на культиваторах, дискових боронах, луцильниках, котках, а також на посівних агрегатах. Таке досить широке застосування пружинних стійок, незважаючи на їх більш складну та дорожчу конструкцію в порівнянні з жорстким кріпленням, викликано тим, що ці стійки забезпечують вібрацію робочих органів і тим самим інтенсивно

розпушують і подрібнюють ґрунт. Крім того пружинні стійки дозволяють робочим органам при наїзді на перешкоди відхилятися в вертикальній площині і тим самим запобігають руйнуванню робочих органів.

Ще одна з переваг пружинних стійок це те, що їх вібрація під час руху агрегату перешкоджає забиванню рослинними рештками робочих органів. Все це забезпечує зниження витрат палива. При цьому завдяки переліченим перевагам підвищується продуктивність ґрунтообробних та посівних агрегатів.

Спосіб кріплення робочих органів з допомогою пружинних стійок досить розповсюджений, як в зарубіжних ґрунтообробних с/г машинах, так і в вітчизняних [1...12]. Застосування пружинних стійок для кріплення різноманітних робочих органів зарубіжними та вітчизняними фірми-виробники с/г машин представлено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Перелік фірм виробників в ґрунтообробних с/г машинах застосовуються пружинні стійки кріплення робочих органів

Фірма виробник с/г машин	Назва с/г машини за призначенням	Марка с/г машини	Назва робочого органу з пружинними стійками
1	2	3	4
Lemken	культиватор для передпосівного обробітку культиватор для передпосівного обробітку Дискова борона Посівний комплекс	Кварц Корунд Гелідор Компакт Солітер 9НД	долота долота зубчасті диски зубчасті диски
Väderstad	дискова борона луцильник каток зернова сівалка	Garrier 420 Rexius Spirits 300S Sprit R 300S	Зубчасті диски Рихлячі планки Рихлячі планки Рихлячі планки
Salford	ґрунтообробний агрегат	1-5100	Круглі диски
Gaspardo	просапний культиватор	Gaspardo HI	Стрільчасті лапи
Köckelring	універсальна сівалка стерньовий культиватор культиватор для передпосівного обробітку	Ultima Дельта Flex Vibro Master	Сошники сівалки Зубчасті диски Долота
Unia	культиватор універсальний дисковий культиватор передпосівні культиватори	Ares XL Viking	Зубчасті диски Передні планки і лапи
Great Plains	Культиватор для передпосівного обробітку	8548FC	Стрільчасті лапи
«Степаненко і К»	дискова борона луцильник культиватор	«Степ» «Шип»	Зубчасті диски Гольчасті диски

1	2	3	4
Лозівський ковальсько-механічний завод «Лозівські машини»	Борона луцильник Культиватор для передпосівного обробітку Каток	«Дукат-4-6-8» «Червонець» «Фунт»	Зубчасті диски Долота Рихлячі планки
ЧП «Слобода»	Універсальний культиватор Дисковий луцильник	«Слобода» «Слобода»	Стрілчасті лапи Зубчасті диски
«Завод Красилівмаш»	Культиватори передпосівні Грунтообробні агрегати	АКПН-5-6 «Поділля»	Стрілчасті лапи
Червона зірка. Ельворті	Культиватори універсальні	Polaris-4 (8-12)	Стрілчасті лапи

Аналіз даних таблиці показує, що його застосовують ведучі зарубіжні фірми-виробники такі як Lemken, Vöderstad, Umia, а також вітчизняні в першу чергу ЛКМЗ, «завод Краселівмаш», «Степаненко і К», «Червона зірка. Ельворті» та інші.

Так фірма Lemken застосовує пружинні стійки в культиваторах для передпосівного обробітку «Кварц» та «Корунд», в дисковій бороні «Гелідор» (рис. 1) та в посівному комплексі «Компакт Солітер 9НД» (рис. 2).



Рис. 2 – Пружинні стійки в посівному комплексі фірми L emken «Компакт-Солітер 9НД»

Фірма V oderstad застосовує пружинні стійки в дисковій бороні Garrier та зерновій сівальці «Spirit R300S» (рис. 3). А рихлячі планки кріпляться з допомогою пружинних стійок в котку Rexius (рис. 4). Круглі диски кріпляться з допомогою пружинних стійок в ґрунтообробних агрегати 1-5100 фірми Salford.



Рис. 3 – Кріплення робочих планок за допомогою пружинних стійок в зерновій сівальці Spirit R 300S фірми Väderstad



Рис. 4 – Кріплення робочих планок з допомогою пружинних стійок в котку Rexus фірми Väderstad

В просапному культиваторі Gaspardo застосовуються пружинні стійки для кріплення стрічастих лап (рис. 5).

В стерньовому культиваторі «Дельта Flex» фірми Köcklrling пружинні стійки використовуються для кріплення зубчатих дисків (рис. 6), а в культиваторі для передпосівного обробітку «Vibro Master» цієї ж фірми для кріплення долот. В універсальній сівальці «Ultima» до пружинних стійок кріпляться сошники цієї сівалки (рис. 7).



Рис. 5 – Просапний культиватор Gaspardo HL з пружинними стійками кріплення стрільчастих лап



Рис. 6 – Стерновий культиватор «Дельта Flex» фірми Köckerling з кріпленням зубчастих дисків з допомогою пружинних стійок

В ґрунтообробних агрегатах КПН-4-6 «Поділля», «Заводу Красилівмаш» пружинні стійки використовують для кріплення стрілочатих лап.

Вітчизняна фірма «Степаненко і К» застосовує пружинні стійки для кріплення зубчастих дисків в дисковій бороні «Степ» та голчастих дисків в культиваторі «Шип».

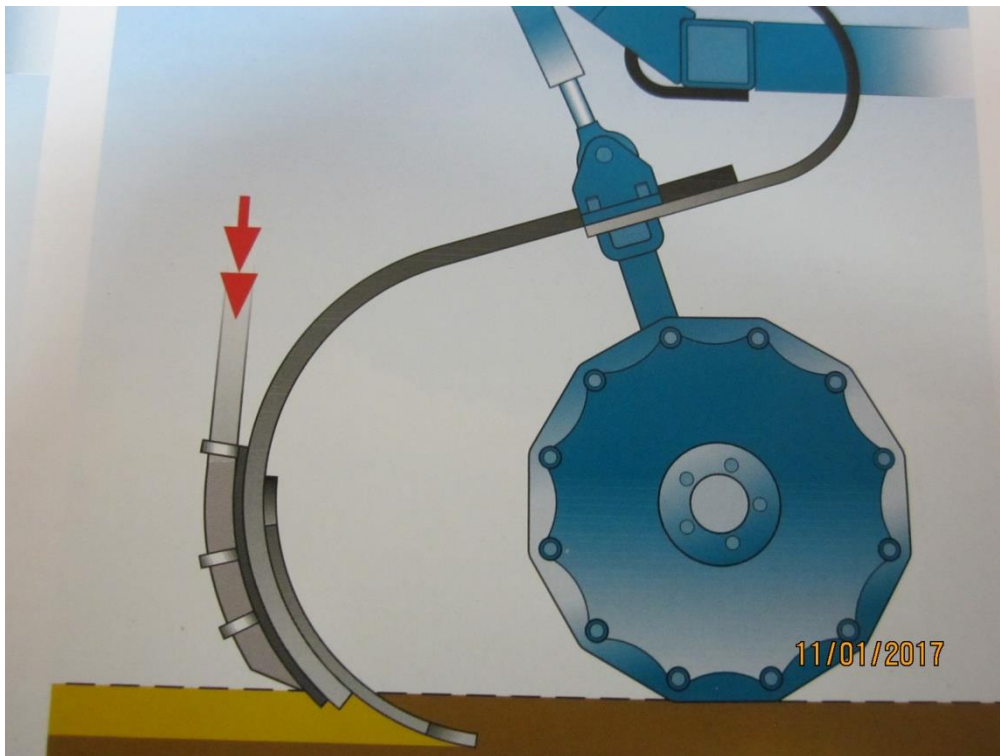


Рис. 7 – Універсальна сівалка ULTIMA з кріпленням сошників за допомогою пружинних стійок

В універсальному культиваторі «Polaris-4S» вітчизняної фірми «Червона зірка» «Ельворті» з допомогою пружинних стійок кріпляться стрільчаті лапи (рис. 8).



Рис. 8 – Культиватор універсальний POLARIS 4S з пружинними стійками кріплення стрільчатих лап

Досить широко використовуються пружинні стійки в ґрунтообробних агрегатах відомого вітчизняного виробника «Лозівський ковальсько-механічний завод». Це в першу чергу дискові борони луцильники «Дукат-4-6» (рис. 9), а також культиватор для передпосівного обробітку «Червонець» в якому до пружинних стійок кріпляться долота. В котку «Фунт» з допомогою пружинних стійок кріпляться рихлячі планки.

Переваги пружинних стійок відзначаються в багатьох літературних джерелах, але відсутні дані впливу жорсткості пружинних стійок на якість роботи та тягово-енергетичні показники.

Для визначення впливу жорсткості пружинних стійок на якість роботи с/г машин вітчизняної фірми «Лозівські машини» розробник цих машин Українське бюро трансмісій та шасі (УКБТШ) доручило провідним кафедрам ХНТУСГ «ОТС» та «Трактори та автомобілі» провести дослідження роботи дискової борони луцильника «Дукат-4» з стійками максимальної, середньої та мінімальної жорсткості.



Рис. 9 – Зубчаті диски кріплення пружинними стійками в дисковій бороні луцильника Дукат – 4

Так як пружинні стійки мали однакою геометричну S подібну форму і являли собою плоску пружину однакової ширини (140 мм), товщини (9 мм), то різна жорсткість забезпечувалась за рахунок величини верхньої петлі, тобто за рахунок загальної довжини пружинної стійки. При цьому стійка максимальної жорсткості мали найменшу довжину 104 см, середньої 138 см, мінімальної – найбільшу довжину 162 см.

Науковцями ХНТУСГ була розроблена відповідна програма та методика досліджень, яка передбачала проведення цих досліджень в виробничих умовах і на тих технологічних операціях на яких найчастіше використовуються «Дукат-4»: луцення стерні зернових та просапних культур. Відповідно до цього дослідження проводились на полі після збирання соняшника фон 1 та на полі після збирання ячменю – фон 2.

Якість виконання технологічних операцій при дослідженнях «Дукат-4» оцінювалось показниками глибини обробітку, гребнистості та ступенем знищення бур'янів (табл. 2).

Таблиця 2 – Показники якості роботи дискової борони-луцильника зі змінними стійками кріплення дисків

Найменування показників	Одиниці виміру	Значення показників					
		Фон 1			Фон 2		
		Стерня соняшника			Стерня ячменю		
		Варіанти стійок			Варіанти стійок		
1	2	3	1	2	3		
Глибина обробітку: Середня \bar{x} Мінімальна Максимальна	см	8,63	5,92	7,61	7,6	7,26	7,31
	см	2,5	2,0	2,5	3,0	3,5	2,0
	см	15,0	13,0	15,0	16,0	15,0	15,0
Гребнистіть: Середня \bar{x} Мінімальна Максимальна	см	5,18	3,14	5,01	6,14	5,8	4,24
	см	3,0	2,0	2,5	3,0	1,0	1,0
	см	8,0	7,0	10,0	8,0	11,0	8,5
Ступінь підрізання бур'янів	%	86,5	95,0	92,7	94,7	93,1	86,8

Як показує аналіз вказаних показників, приведених в таблиці, що найбільш якісна робота по всім трьом показникам, була забезпечена при оснащенні «Дукат-4» стійками середньої жорсткості. Про це свідчать середні значення показників глибини обробітку та їх мінімальні відхилення. По середнім значенням гребнистості та ступеню знищення бур'янів, найбільш якісна робота була забезпечена також при використанні стійок середньої жорсткості.

Оцінка та визначення динамічних показників «Дукат-4» з стійками кріплення дисків різної жорсткості проводилась на тих же двох фонах з допомогою вимірювальної системи динаміки та енергетики мобільних машин розробленої на кафедрі «Трактори та автомобілі». Ця система призначена для визначення кінематичних, динамічних, потужних та енергетичних характеристик як при стендових так і при польових випробуваннях.

Таблиця 3 – Показники тягових, динамічних, вібраційних характеристик роботи дискової борони-луцильника «Дукат - 4» з пружинними стійками різної жорсткості кріплення дисків

№	Найменування показників	Одиниці вимірів	Значення показників					
			стійки					
			1		2		3	
			фон		фон		фон	
			1	2	1	2	1	2
1	Тягове зусилля	Н	15122	15554	1490	15161	15100	15200
2	Швидкість руху	м/сек	3,5	3,2	3,7	3,4	3,6	3,3
3	Буксування	%	6,5	8,0	6,0	5,0	7,0	9,0
4	Амплітуда віброприскорення	м/сек ²	0,5	0,4	0,4	0,5	0,35	0,55
5	Частота коливання стійок	гц	25,0	32	32,0	33,0	30,0	32,0

При дослідженнях роботи дискової борони «Дукат-4» досліджувався взаємозв'язок конструкції стійок різної жорсткості та їх вплив на динамічні та енергетичні показники машино-тракторного агрегату при оснащенні його

стійками різної жорсткості, величина буксування, значення тягового зусилля, амплітуда віброприскорень по осям x, y, z. Величини визначених динамічних показників представлені в таблиці 3.

Тягово-енергетичні показники роботи «Дукат-4» показали також перевагу стійок 2 на обох фонах (таблиця 3). Так тяговий опір стійок середньої жорсткості склав відповідно по фону 1 та 2 – 14900-15164Н і був нижче ніж у стійок 15122Н – 15554Н та середньої – 15100-15200Н.

Висновки

1. Пружинні стійки кріплення робочих органів ґрунтообробних та посівних машин широко використовуються провідними зарубіжними та вітчизняними фірмами.
2. Пружинні стійки кріплення робочих органів забезпечують вібрацію робочих органів, яка забезпечує інтенсивне розпушування ґрунту, запобігає забиванню рослинними рештками, що сприяє підвищенню продуктивності та зниженню витрат палива.
3. Дослідження ефективності растосування пружинних стійок кріплення зубчастих дисків різної жорсткості (максимальної, середньої, мінімальної) в боронах-луцильниках «Дукат - 4» показали, що найбільш ефективними є стійки середньої жорсткості які забезпечують найбільш оптимальні показники по якості роботи та динамічним показникам.

Список використаних джерел

1. Каталог продукції: Технології в гармонії з природою. CHERVONA ZIRKA – Elvorti 2014. 32с
2. Каталог продукції: UNIA. Ведущий европейский производитель техники. Волынская фондовая компания с/х техники. Сервис на запасные части. 28с
3. Каталог продукции 2015. Great Plains (культиватор для пред.поз/8324ДРС). 32с
4. Землероб. Продукції фірми Väderstad (посівний комплекс Spirit R300S). 32с
5. Проспект Köckerling. Универсальный посевной комплекс для любых условий. Техника для современных технологий. 12с. (Универсальная сеялка Ultima)
6. Проспект Väderstad. Rapid. Бескомпромиссное качество. 40с.
7. Проспект Gaspardo. Ассортимент продукции. с 60. (Культиватор пропалочный Gaspardo HL)
8. «Слобода» 2ф. Хартехпром-97 Каталог 2017. Производство почвообрабатывающей техники. с 19. (Универсальный культиватор «Bellota»)
9. Проспект Lēmken. Модельный ряд техники обработка почвы. Посев. Защита растений. с 90. (Кварц. Корунд. Гетодор, Компакт-Солитер9НД)
10. Проспект. ТОВ «Завод Красилівмаш» с 17. Агрегати комбіновані передпосівні напівнавічні.

11. Проспект Väderstad Carrier. Эффектная обработка почвы. с 39. (CarrierH20 дисковая борона. CarrierH20)
12. Проспект «Волинська фондова кампанія» с/г техніка. Сервіс. Запасні частини. Напівнавісний агрегат обробітку ґрунту. VikingL.

Аннотация

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ МАШИНЫ С ПРУЖИННЫМИ СТОЙКАМИ КРЕПЛЕНИЯ РАБОЧЕГО ОРГАНОВ

Цыганенко М. А., Романащенко А. А., Сыровицкий К. Г., Качанов В. В.

В статье представлены результаты исследований по применению пружинных стоек для крепления к раме рабочих органов культиваторов, дисковых борон, сеялок. Конструктивно пружинные стойки представляют собой плоские пружины S-подобной формы.

Пружинные стойки имеют возможность пружинной деформации, что обеспечивает движение рабочих органов в продольном и поперечном направлении, результатом которого является улучшение крошения почвы, предотвращается забивание рабочих органов растительными остатками, и их поломка. Все это снижает тяговое сопротивление, что соответственно снижает расход топлива и повышает продуктивность агрегатов. Пружинные стойки широко используются при производстве почвообрабатывающих с/х машин и сеялок как зарубежными так и отечественными фирмами изготовителями: «Lemken», «Väderstad», «Gaspardo», «Great Plains», «Köckelruling», «Слобода», «Завод. Красилівмаш», «Степаненко и К», «Лозівські машини», «Черваона зірка. Ельворті».

Отечественная фирма «Лозівські машини» с целью повышения качества обработки почвы, провела совместно с ведущими кафедрами ХНТУСХ, исследования влияния жесткости пружинных стоек на показатели качества и тягово-энергетические показатели работы дисковой бороны луцильника «Дукат-4» с пружинными стойками различной жесткости: максимальной, средней и минимальной. Результаты исследований показали преимущество, как по качеству работы, так и по тягово-энергетическим показателям стоек средней жесткости.

Ключевые слова: пружинная стойка, рабочий орган, почвообрабатывающие машины, качество обработки.

Abstract

AGRICULTURAL MACHINES WITH SPRING RACKS OF MOUNTING OF WORKING BODIES

M. Tsyganenko, A. Romanashenko, K. Sirovitskiy, V. Kachanov

The composition of the results of research on the use of spring stands for attachment to the frame of cultivators, disc harrows, seeders. Structurally, the spring racks are flat springs of S-like shape.

Spring supports have the possibility of spring deformation, which ensures the movement of working organs in the longitudinal and transverse direction, which results in improved soil crushing, prevention of clogging of working organs by plant debris, and their breakdown. All this reduces the traction resistance, which accordingly reduces fuel consumption and increases the productivity of the units. Spring stands are widely used in the manufacture of agricultural tillage machines and seeders both by foreign and domestic manufacturers: "Lemken", "Va ¨derstad", "Gaspardo", "Great Plains", "Ko ¨cklrlling", "Sloboda", "Zavod" . Krasilivmash ", " Stepanenko and K ", " Lozivsky machines ", " Chervona zirka. Elvorti ".

The domestic company "Lozivski machines" in order to improve the quality of soil cultivation, conducted in conjunction with the leading departments of KNUSG, research of the influence of the springiness of spring racks on the quality indicators and traction and energy performance of the disc harrow of the "Dukat-4" grubber with spring stands of various rigidity: average and minimum. The results of the research showed an advantage, both in the quality of work and in the traction and energy indices of medium rigidity racks.

Keywords: *spring bar, working body, tillage machines, processing quality.*

УДК 631.316

УДОСКОНАЛЕННЯ РОБОЧОГО ОРГАНУ КУЛЬТИВАТОРА ДЛЯ ОБРОБІТКУ ЗАБУР'ЯНЕНИХ ГРУНТІВ

¹Харченко С. О., к.т.н., доц., ¹Тіщенко І. С., ас., ²Фесенко Г. В., к.т.н., доц.

¹Харківський національний технічний університет сільського господарства
імені Петра Василенка

²Луганський національний аграрний університет

В роботі приведений аналіз робочих органів культиватора для обробітку ґрунту, які мають широке застосування в сільськогосподарському виробництві. Запропонований новий робочий орган культиватора, який підвищує інтенсивність підрізання бур'янів і, в цілому, якість обробітку ґрунту за рахунок удосконалення його конструкції. Так, у робочому органі культиватора, який включає стрілчасту лапу з двома криволінійними лезами, кожна із яких наділена увігнутим відрізком і змінним кутом розкосу, кривизну кожного леза виконали постійно увігнутою від носка лапи до кінця крила з неперервним зменшенням кута різання і збільшенням одночасно в тому ж напрямку кута розхилу крил. При цьому максимальний кут розхилу крил повинен бути меншим різниці між кутом прямим і кутом тертя бур'янів з ковзанням по лапі. Під час підрізання бур'янів таким робочим органом, на них діє сила лобового опору ґрунту, яка спричиняє їх переміщення із ковзанням по увігнутому лезу лапи від її носка до кінця кожного крила. При цьому виникає дотична відцентрова сила, яка збільшує тиск бур'янів на увігнуте лезо, що прискорює їх підрізання. Крім того, по мірі переміщення по увігнутому лезу із ковзанням бур'янів, на них збільшується тиск

лобового опору ґрунту внаслідок неперервного зменшення кута різання від його носка до кінця крил. В результаті чого підвищується інтенсивність підрізання бур'янів. Визначені діапазони варіювання значущих параметрів розробленої лапи культиватора для суцільного обробітку ґрунту.

Ключові слова: *культиватор, лапа, ефективність, підрізання бур'янів.*

Актуальність проблеми. Обробіток ґрунту культиваторами є одним із найважливіших агротехнічних заходів та входить до більшості класичних та сучасних агротехнологій [1, 2]. Культивація створює сприятливі умови для росту і розвитку сільськогосподарських культур шляхом розпушування поверхневого шару ґрунту та підрізання бур'янів. Останні порівняно з польовими культурами раніше проростають, інтенсивніше ростуть, мають великий коефіцієнт розмноження та в майбутньому пригнічують розвиток основних культур. Крім того, бур'яни забирають із ґрунту значну кількість вологи, висушують не тільки його верхній шар, але й підґрунтя. Так, амброзія полинолиста, коріння якої проникає на глибину до 4 м, забирає вологи вдвоє більше, ніж пшениця, завдаючи великої шкоди сільськогосподарському виробництву [3].

Розробка нових робочих органів культиваторів успішно проведена колективом вчених в роботах [4], де досліджено параметри направляючого пристрою. Останній спрямовує рослинні рештки на лапи культиватора, чим збільшує якісні та кількісні показники роботи. Але недостатня ефективність самого підрізання решток ножами потребує нових ефективних технічних рішень.

Аналіз останніх досліджень. Для рихлення ґрунту з підрізанням бур'янів в більшості випадків культиватори обладнують стрілчастими лапами, профіль леза яких виконаний прямим з постійним кутом розтину [5]. Під час підрізання бур'янів такою лапою на неї діє лобова сила опору ґрунту, яка спричинює їх переміщення по лезу із ковзанням. При цьому частина бур'янів сходить із робочого органу культиватора непідрізаними із-за недостатнього їх притиснення ґрунтом до прямолінійного леза лапи. Подібну ступінь підрізання бур'янів має робочий орган культиватора, в якому лезо стрілчастої лапи виконано випуклої форми [6]. Під час роботи такого робочого органу на бур'яни, що рухаються із ковзанням по випуклому лезу лапи, вступає в дію відцентрова сила, яка зменшує їх тиск на лезо, внаслідок чого знижується ефективність підрізання бур'янів [7]. Більш пристосованим до підрізання бур'янів відомий робочий орган до культиваторів, який містить стрілчасту лапу з лезами, симетричними між собою і виконаними з двох спряжених криволінійних ділянок із змінним кутом розхилу на носкові та крилах [8]. Під час роботи такого робочого органу на її першій носковій криволінійній ділянці відбувається неповне підрізання бур'янів із-за повільного збільшення кута її розхилу, а на другій криволінійній ділянці бур'яни сповільнюють свій рух, погіршуючи тим самим умови їх підрізання. Для обробітку забур'янених полів більш пристосований відомий робочий орган культиватора, в якому стрілчаста лапа виконана із двох спряжених криволінійних ділянок і змінним кутом розхилу на носку і крилах, а друга ділянка леза виконана двоступеневою з прямолінійною формою на кінцях

крил [9]. Під час роботи культиватора з таким робочим органом на другій ділянці леза лапи знижується якість підрізання бур'янів із-за збільшеного розхилу крил і незмінного кута кришення, що призводить до погіршення якості обробітку ґрунту.

Метою роботи є підвищення якості обробітку ґрунту культиватором шляхом збільшення інтенсивності підрізання бур'янів його новими робочими органами.

Основний зміст. Поставлена мета вирішується, якщо у відомому робочому органі культиватора, який включає стрілочасту лапу з двома криволінійними лезами, кожна із яких наділена вгнутим відрізком і змінним кутом розхилу, кривизну кожного леза виконати постійно вгнутою від носка лапи до кінця крила з неперервним зменшенням кута різання і збільшенням одночасно в тому ж напрямку кута розхилу крил. При цьому максимальний кут розхилу крил повинен бути меншим різниці між кутом прямим і кутом тертя бур'янів з ковзанням по лапі [10].

Під час підрізання бур'янів таким робочим органом на них діє сила лобового опору ґрунту, яка спричинює їх переміщення із ковзанням по вгнутому лезу лапи від її носка до кінця кожного крила. При цьому виникає дотична відцентрова сила, яка збільшує тиск бур'янів на вгнуте лезо, що прискорює їх підрізання. Крім того, по мірі переміщення по вгнутому лезу із ковзанням бур'янів, на них збільшується тиск лобового опору ґрунту внаслідок неперервного зменшення кута різання від його носка до кінця крил і збільшенням одночасно в тому ж напрямку кута їх розхилу, в результаті чого підвищується інтенсивність підрізання бур'янів [11] (див. рис.).

Робочий орган культиватора включає стійку 1, до якої закріплена стрілочаста лапа 2 з криволінійним лезом 3. Лезо виконане постійно вгнутим від носка 4 лапи 2 до кінця її крил 5. При цьому присутнє зменшення кута різання від β_1 до β_2 , тобто, $\beta_1 > \beta_2$.

Також присутнє одночасне збільшення в тому ж напрямку кута розхилу (2γ) крил 5. Крім того, максимальний кут розхилу 2γ менший різниці між прямим кутом (90°) і кутом тертя бур'янів з ковзанням по лапі 2:

$$2\gamma = 90 - \varphi, \quad (1)$$

де φ – кут тертя бур'янів по металу, град.

Під час роботи культиватора з даним робочим органом лапа 2, наштовхуючись на бур'яни, підрізає їх із ковзанням по вгнутому лезу 3 крил 5. При цьому виникає відцентрова сила, яка разом із силою лобового опору ґрунту збільшує силу взаємодії бур'янів з лезом 3, внаслідок чого підвищується інтенсивність їх підрізання, внаслідок чого підвищується і якість обробітку ґрунту. Крім того, з переміщенням по лезу 3 бур'янів інтенсивність їх підрізання підвищується за рахунок неперервного зменшення кута різання β лапи 2 від її носка 4 (β_1) до кінця крила 5 (β_2), з одночасним збільшенням кута їх розхилу 2γ . Для подальших детальних досліджень даного робочого органу встановлені наступні діапазони значень основних параметрів (табл.1).

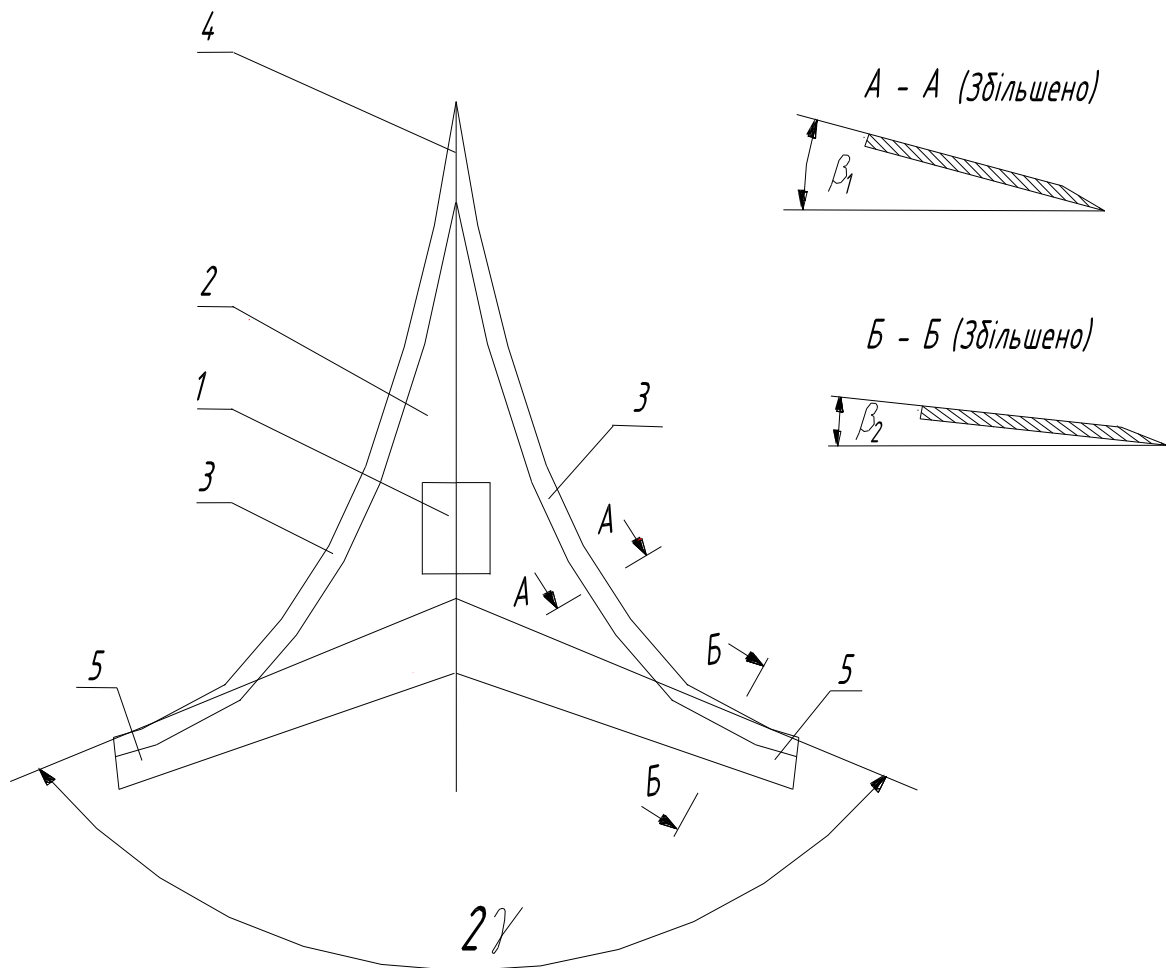


Рис. 1 – Схема робочого органу культиватора для обробітку ґрунту:
 1 – стійка; 2 – лапа стрілочаста; 3 – лезо криволінійне; 4 – носок; 5 – крила

Слід зазначити, що для досліджень також потрібні радіуси заокруглення леза. Але їх визначення залежить, як від значень наведених кутів, так і властивостей ґрунтів та рослинних решток.

Таблиця 1. Діапазони варіювання параметрів розробленої лапи з криволінійним лезом

Назва параметру	Позначення	Значення	
		мінімальне	максимальне
Кут розхилу крил	2γ	90	160
Кут різання початкової ділянки	β_1	15	35
Кут різання кінцевої ділянки	β_2	5	15

Висновки

Запропонована конструктивна схема нової культиваторної лапи, яка підвищує якість обробітку ґрунту шляхом інтенсивності підрізання бур'янів. Аналізом конструкції визначені діапазони варіювання значущих параметрів лапи, які потребують подальшого теоретичного визначення та експериментальної ідентифікації. Дана лапа є системним елементом розробленого культиватора для суцільного обробітку ґрунту.

Список використаних джерел

1. Технологічні карти вирощування сільськогосподарських культур: монографія / Л.М. Тищенко, С.І. Корнієнко, С.О. Харченко та ін.: за ред. Л.М. Тищенка // Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. П. Василенка. // За ред. Тищенка Л.М., Корнієнка С.І. – Харків: ХНТУСГ, 2015, – 273 с.
2. Каталог сільськогосподарської техніки. Навчальний посібник / Л.М. Тищенко, В.І. Мельник, С.О. Харченко, О.І. Анікеєв, А.Г. Чигрин, М.О. Циганенко, О.Д. Калюжний, Г.В. Рудницька, О.А. Романашенко, О.М. Красноруцький, С.А. Чигрина, В.В. Качанов, Є.А. Гаск, К.Г. Сировицький, Ю.О. Антонов, О.В. Кот. – Харків: ХНТУСГ, 2015. – 450 с.
3. Довідник з гербології: навчальний посібник для підготовки бакалаврів напряму 1301 "Агрономія" в аграрних вузах II-IV рівнів акредитації / І.Д. Примак, М.П. Косолап, П.У. Ковбасюк та ін.; За ред. І.Д. Примака. – К.: Кондор, 2006. – 372 с.
4. Харченко С.О., Тищенко І.С., Харченко Ф.М. Удосконалення культиватора для поверхневого обробітку ґрунту / Збірник наукових праць ВНАУ, 2012. - №11. т.1(65). – С.225 – 230.
5. Синееков Г.Н., Панов И.М. Теория и расчет почвообрабатывающих машин. М.: Машиностроение, 1977. - С. 188-209.
6. Пат. 63754 Україна, МПК А01В 35/26. Робочий орган культиватора / Гаврильченко О. С., Тищенко С. С. Волик Б. А; опубл. 15.01.2004.
7. Яворский Б.М. Справочник по физике / Б.М. Яворский, А.А. Детлаф. - М.: Наука, 1965. – С. 37-38.
8. Пат. 39713 Україна, МПК А01В 35/00. Робочий орган культиватора / Козаченко О.В., Шкрегаль О.М., Блезнюк О.В.; заявник та власник ХНТУСГ ім. П. Василенка. – № u200811612; заявл. 29.09.08; опубл. 10.03.09, Бюл. № 5.
9. Пат. 59159 Україна, МПК А01В 35/00. Робочий орган культиватора / Козаченко О.В., Шкрегаль О.М., Блезнюк О.В., Плехотько А.В., Ситніков М.Л.; заявник та власник ХНТУСГ ім. П. Василенка. – № u200811612; заявл. 16.09.10; опубл.10.05.11, Бюл. № 9.
10. Пат. 116044 Україна, МПК А01В 15/12.Робочий орган культиватора /Харченко С.О., Фесенко Г.В., Тищенко І.С., Качанов В.В. - № a201605393; заявл. 18.05.2016; опубл.25.01. 2018.
11. Василенко П.М., Бабий П.Т. Культиваторы / П.М. Василенко, П.Т. Бабий. - УАСХН, К.: 1961. – С. 16 – 17.

Аннотація

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РАБОЧЕГО ОРГАНА КУЛЬТИВАТОРА ДЛЯ ОБРАБОТКИ ЗАСОРЕННЫХ ПОЧВ

Харченко С. А., Тищенко И. С., Фесенко Г. В.

В работе представлен анализ рабочих органов культиватора для обработки почв, которые имеют широкое применение в сельскохозяйственном производстве. Предложен новый рабочий орган культиватора, который повышает

интенсивность подрезания сорняков и, в целом, качество обработки почвы за счет усовершенствования его конструкции. Так, за основу принят рабочий орган культиватора, который состоит из стрелчатой лапы с двумя криволинейными лезвиями. Каждое лезвие имеет вогнутый отрезок и сменный угол раскоса. При этом кривизну каждого лезвия сделали постоянно вогнутой от носка лапы до конца крыла. Также установили непрерывное уменьшение конца крыла с непрерывным уменьшением угла резания и, параллельно, увеличение в том же направлении угла раскоса крыла. При этом максимальный угол раскоса должен быть меньшим разницы между углом прямым и углом трения сорняков со скольжением по лапе. Во время подрезания сорняков таким рабочим органом на них воздействует сила лобового сопротивления почвы, которая вызывает их перемещение со скольжением по вогнутому лезвию лапы от ее носка до конца каждого крыла. При этом возникает касательная центробежная сила, которая увеличивает давление сорняков на вогнутое лезвие, которое в свою очередь ускоряет их подрезание. Кроме того, по мере перемещения по вогнутому лезвию со скольжением сорняков, на них увеличивается давление лобового сопротивления почвы вследствие непрерывного уменьшения угла резания от его носка до конца крыл. В результате чего повышается интенсивность подрезания сорняков. Определены диапазоны варьирования параметров разработанной лапы культиватора для сплошной обработки почвы.

Abstract

IMPROVEMENT OF THE OPERATING UNIT OF CULTIVATOR FOR TREATING THE CLOGGED SOILS

S. Kharchenko, I. Tishchenko, G. Fesenko

Work presents the analysis of the operating units of cultivator for treating the soils, which have wide application in the agricultural production. The new operating unit of the cultivator, which increases the intensity of trimming of weeds and, as a whole, the quality of working soil due to the improvement of its construction, is proposed. Thus, as the basis is accepted the operating unit of the cultivator, which consists of center hoe with two curvilinear blades. Each blade has concave section and interchangeable angle of strut. In this case, curvature of each blade they made constantly concave from the nose sweep to the wing tip. Also established the continuous decrease of wing tip with the continuous decrease of cutting angle and, in parallel, an increase in the same direction of the angle of the strut of wing. In this case the maximum angle of strut must be smaller the difference between the angle straight line and angle of the friction of weeds with the slip along the sweep. During the trimming of weeds by such operating unit on its acts the drag of soil, which causes its displacement with the slip along the concave blade of sweep from its nose to the end of each wing. In this case appears the tangential centrifugal force, which increases the pressure of weeds on the concave blade, which in turn accelerates its trimming. Furthermore, in proportion to displacement for concave blade with the slip of weeds, on its increases the pressure the drag of soil as a result of the continuous decrease of cutting angle from its nose to the wing tip. As a result of what the intensity of trimming of weeds rises. The ranges of variation of significant parameters of cultivator developed sweep for the continuous working of soil are determined.

РЕЗУЛЬТАТИ СОРТУВАННЯ НАСІННЯ ГОРОХУ НА ВІБРОФРИКЦІЙНОМУ СЕПАРАТОРІ

Бакум М. В., к.т.н., проф., Михайлов А. Д., Козій О. Б., к.т.н., доц.
*Харківський національний технічний університет сільського господарства
імені Петра Василенка*

Наведено результати експериментальних досліджень сортування насіння гороху на віброфрикційному сепараторі.

Постановка проблеми. Однією із основних задач при одержанні насіння гороху з високими посівними якостями є підвищення його схожості, енергії проростання, маси 1000 насінин, життєздатності, сили росту та інших показників за рахунок відбору у відхід неповноцінного насіння основної культури (травмованого, щуплого, недорозвиненого, пророслого та ін.).

При збиранні гороху його подрібнення досягає 6,0 - 10,0% [1-3] і більше. Відокремлення половинок гороху від цілого насіння традиційними методами та існуючими зерноочисними машинами проблематично.

Зерноочисні машини за один пропуск повинні доводити насіннєвий матеріал, у тому числі насіння гороху, до посівних кондицій у відповідності до вимог ДСТУ [5, 6]. Однак це не завжди вдається навіть при багаторазових пропусках насіннєвого матеріалу через робочі органи цих машин.

Тому, розробка нових способів сепарації та засобів механізації для сортування насіння гороху має важливе значення і є актуальною задачею.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У теперішній час застосовують різні способи сортування насіння сільськогосподарських культур, у тому числі насіння гороху: за аеродинамічними властивостями, розмірними характеристиками, щільністю, станом поверхні і формою насіння та іншими ознаками [1, 2].

Важливим показником, який пов'язаний із врожайністю, є схожість насіння. Зниження лабораторної схожості насіння викликає різке зниження польової схожості і, як наслідок цього, зменшення врожайності.

Відомо, що причиною втрати схожості насіння є і його травмування як при збиранні, так і при післязбиральній обробці на зерноочисних машинах, яка досягає до 15,0 - 30,0% [1-3].

Якість насіння також характеризує енергія проростання. Якщо насіння кондиційне за всіма показниками, але має знижену енергію проростання, то його не можна вважати повноцінним. Такі рослини які проростають пізніше терміну прийнятого для визначення енергії проростання на 15,0 - 22,0% [1-3], менш продуктивні, чим рослини отримані насіння, що проросло до цього терміну. Крім того, багато рослин гинуть не досягши плодоносіння. Насіння буде кращим і забезпечить більш високий врожай тоді, коли розрив в показниках між лабораторною схожістю і енергією проростання мінімальний. Насіннєвий матеріал з низькими посівними якостями (схожістю і енергією проростання)

ускладнює встановлення норми висіву, а її збільшення не дає бажаних результатів, тому що насіння з низькими посівними якостями дає слабкі і не вирівняні сходи, що в остаточному підсумку знижує врожай.

У Харківському національному технічному університеті сільського господарства імені Петра Василенка розроблені різні моделі віброфрикційних сепараторів, які розділяють компоненти насінневих сумішей за комплексом фізико-механічних властивостей: пружністю, фрикційними властивостями і формою насіння. Спосіб сепарації, покладений в основу конструкцій цих сепараторів не має аналогів у світовому сільгоспмашинобудуванні. На теперішній час одна модель (рис. 1) пройшла державні випробування в Україні і випускається Хорольським механічним заводом.

Мета досліджень. Дослідити можливість підвищення посівних якостей насіння гороху (виділення неповноцінного насіння) за рахунок його сортування на віброфрикційному сепараторі.

Результати досліджень. Сортування насіння гороху має певні труднощі у зв'язку з потраплянням у відсортоване насіння основної культури половинок насіння гороху.

Незначну частину половинок насіння гороху можна виділити на існуючих зерноочисних лініях, які обладнані зерноочисними машинами загального та спеціального призначення. Але втрати насіння гороху у відхід при цьому достатньо великі. Тому необхідно проводити пошук нових способів сепарації та засобів механізації для сортування, які могли б доповнити існуючі потокові лінії по доведенню насіння гороху до високих посівних кондицій та максимального зменшення втрат повноцінного насіння основної культури у відхід.

Дослідження фрикційних та пружних властивостей насіння гороху і його половинок показало, що половики гороху мають менший коефіцієнт відновлення швидкості при ударі чим повноцінне насіння. Це пояснюється тим, що висота відскоку частки при падінні (а відповідно, і величина коефіцієнта відновлення швидкості) суттєво залежить не тільки від матеріалу частки, але і від її форми. Частки правильної округлої форми (насіння гороху) мають при інших рівних умовах, найбільший коефіцієнт відновлення.

Коефіцієнт миттєвого тертя при ударі цілого насіння має менші значення, ніж половинок.

Граничний кут піднімання є узагальненою ознакою розділення насіння на фрикційній неперфорованій поверхні віброфрикційного сепаратора [3]. Він характеризує можливість розділення компонентів насінневої суміші під дією вібраційних коливань. Для цілого насіння гороху і його половинок граничний кут піднімання визначали як у відривному, так і безвідривному режимі руху на різних фрикційних поверхнях віброфрикційного сепаратора.

Аналіз досліджень показав, що половинки насіння гороху, які мають більші значення коефіцієнтів миттєвого тертя при ударі та менші значення коефіцієнтів відновлення швидкості при ударі, а також менш здатні до перекошування, мають більші значення граничних кутів піднімання похилої коливної поверхні. Ціле насіння гороху переміщується униз при менших значеннях кутів нахилу робочої поверхні віброфрикційного сепаратора.

Загальний вигляд такого віброфрикційного сепаратора наведено на рисунку 1.

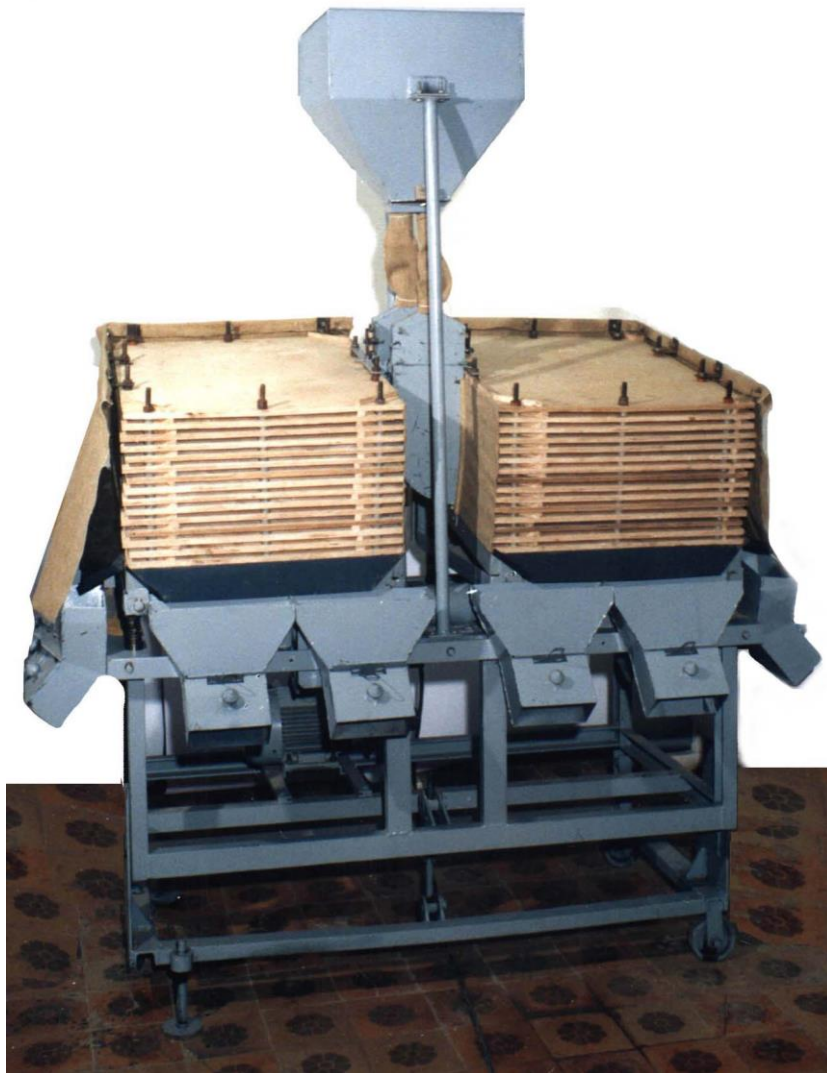


Рис. 1 – Загальний вигляд віброфрикційного сепаратора

Для вибору раціонального способу виділення із насіння гороху його половинок, для підвищення схожості, енергії проростання, маси 1000 насінин насіння гороху, що пройшло обробку на повітряно-решітно-трієрних робочих органах зерноочисних машинах, було оброблено на віброфрикційному сепараторі [3].

За вмістом насіння основної культури це насіння відповідало вимогам ДСТУ [6], тому виконувалося тільки його сортування.

При сортуванні насіння гороху на віброфрикційному сепараторі, в якості покриття робочих поверхонь, використовувалась фанера технічна. Кінематичні і установочні параметри роботи сепаратора були наступними: амплітуда коливань робочого органу - 1,0 мм; частота коливань - $165,0\text{с}^{-1}$; поздовжній кут нахилу робочого органу - $2,1^\circ$; поперечний кут нахилу - $1,4^\circ$; кут спрямованості коливань - $32,00$. Подача на кожен робочу поверхню була прийнята рівної 16,0 кг/год.

Згідно з державним стандартом України [5, 6] насіння гороху повинно відповідати наступним посівним показникам: сортова чистота - 98,0%; вміст

насіння основної культури мінімум - 98,0%; вміст насіння інших культурних рослин максимум - 15,0 шт./кг; вміст насіння бур'янів максимум - 3,0 шт./кг; схожість насіння мінімум - 92,0%; вологість максимум - 15,5%.

Вихідний насіннєвий матеріал у процесі обробки розділювався на шість фракцій. По кожній фракції і вихідному насінню проводився аналіз визначення показників посівних якостей (вміст насіння цілого та половинок гороху, схожості, енергії проростання, маси 1000 насінин).

Результати сортування насіння гороху на віброфрикційному сепараторі наведено у таблиці 1.

Насіння гороху після обробки на повітряно-решітно-трієрних зерноочисних машинах загального призначення мало наступні посівні показники: схожість - 81,0%, енергію проростання - 70,0%, масу 1000 насінин - 204,75 г.

Аналіз проведених експериментальних досліджень сортування насіння гороху на віброфрикційному сепараторі показує (табл. 1), що у першу фракцію потрапило насіння гороху схожість та енергія проростання якого, у порівнянні з такими показниками вихідного насіння, відповідно зменшилось, на 5,0% та 8,0%, але маса 1000 насінин при цьому підвищилась на 47,40г. Вихід насіння гороху цієї фракції склав лише 2,03%. При чому в цю фракцію потрапило 1,12% половинок насіння основної культури.

У другий приймальник потрапило 13,06% насіння гороху, схожість якого менша вихідного насіння на 3,0%, а енергія проростання - на 6,0%. В цю фракцію потрапило насіння гороху, у якого маса 1000 насінин збільшилась на 45,33 г, у порівнянні з вихідним насінням. Насіння половинок гороху цього приймальника склало 4,29%.

При об'єднанні перших двох фракцій (вихід насіння становить 15,09%) воно не відповідає вимогам ДСТУ [5, 6] і є некондиційним.

У третій приймальник потрапило насіння гороху (вихід насіння 8,05% від маси вихідного матеріалу), у якого схожість та енергія проростання перевищує ці показники вихідного насіння, відповідно, на 12,0% і 11,0%. У порівнянні з вихідним матеріалом маса 1000 насінин гороху підвищилась на 30,45 г.

Вихід насіння гороху четвертого приймальника складає 42,66%. Схожість, енергія проростання та маса 1000 насінин, у порівнянні з вихідним насінням, відповідно, збільшилось на 14,0%; 13,0% і 15,13 г.

У п'ятий приймальник потрапило насіння гороху, яке за схожістю, енергією проростання та масою 1000 насінин також більш якісне, у порівнянні з вихідним насінням, відповідно, на 14,05%; 13,0% і 3,01 г (вихід насіння 26,10%).

Треба відзначити, що у третій-п'ятий приймальники потрапило не значна кількість половинок насіння гороху, відповідно, 0,16%; 0,48%; 0,13%.

При виході насіння гороху 8,10% всієї маси вихідного матеріалу, у шостий приймальник потрапило некондиційне насіння. Маса 1000 його насінин зменшилась на 2,25 г, схожість та енергія проростання, відповідно, зменшились на 22,0% і 26,0%.

За посівними показниками фракція не відповідає вимогам державного стандарту [5,6].

Таблиця 1 – Результати сортування насіння гороху на віброфрикційному сепараторі

Найменування показників	Вихідне насіння	Номер фракції (приймальника)					
		1	2	3	4	5	6
Розподілення насіння по фракціях, %	100,00	2,03	13,06	8,05	42,66	26,10	8,10
Розподілення насіння зростаючим підсумком, %	-	2,03	15,09	23,14	65,80	91,90	100,00
Розподілення цілого насіння, %	93,44	0,91	8,77	7,89	42,18	25,97	7,72
Розподілення половинок насіння, %	6,56	1,12	4,29	0,16	0,48	0,13	0,38
Маса 1000 насінин, г	204,75	252,15	250,08	235,20	219,88	207,76	202,50
Схожість, %	81,0	76,0	78,0	93,0	95,0	92,0	59,0
Енергія проростання, %	70,0	62,0	64,0	81,0	83,0	79,0	44,0
Якість насіння	Неконд.	Неконд.	Неконд.	Конд.	Конд.	Конд.	Неконд.

Висновки. Результати проведених експериментальних досліджень показали, що на віброфрикційному сепараторі за один пропуск є можливість доводити насіння гороху до високих посівних кондицій (при продуктивності сепаратора 425,0 кг/год.). Вихід кондиційного насіння складає 76,81% від маси вихідного матеріалу.

У відхід разом з половинками насіння гороху виділяється біологічно менш повноцінне, травмоване, щупле, недорозвинене насіння основної культури. Тому є можливість значно підвищити такі важливі посівні якості насіння як схожість, енергію проростання, масу 1000 насінин.

Сортування посівного матеріалу гороху на сепараторі з виділенням для посіву повноцінного насіння забезпечує підвищення польової схожості, більш інтенсивний та рівномірний розвиток рослин, меншу норму висіву насіння, що забезпечує підвищення урожаю.

Список використаних джерел

1. Войтюк Д.Г., Аніскевич Л.В., Іщенко В.В. та ін. / за редакцією Д.Г. Войтюка / Сільськогосподарські машини - К.: Агроосвіта, 2015. - 679 с.
2. Войтюк Д.Г., Гаврилук Г.Р. Сільськогосподарські та меліоративні машини - К.: Вища освіта, 2004. - 554 с.
3. Заика П.М., Мазнев Г.Е. Сепарация семян по комплексу физико - механических свойств. - М.: Колос, 1978. - 287с.

4. Заїка П.М Теорія сільськогосподарських машин т.3, розділ 7. Очистка і сортування насіння - Харків: Око, 2006. - 407 с.
5. ДСТУ 2240-93. Насіння сільськогосподарських культур. Технічні умови - К.: Держстандарт України, 1994. - 73 с.
6. Національний стандарт України. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості. ДСТУ 4138-2002 - К.: 2003. - 173 с.

Аннотація

РЕЗУЛЬТАТЫ СОРТИРОВАНИЯ СЕМЯН ГОРОХА НА ВИБРОФРИКЦИОННОМ СЕПАРАТОРЕ

Бакум Н. В., Михайлов А. Д., Козий А. Б.

Приведены результаты экспериментальных исследований сортирования семян гороха на виброфрикционном сепараторе.

Abstract

RESULTS OF SORTING SEEDS OF PEAS IN THE VIBRATION FRACTED SEPARATOR

N. Bakum, A. Mikhaylov, A. Koziy

The results of experimental studies of the sorting of pea seeds on a vibratory-friction separator are presented.

УДК 631. 362

ДООЧИЩЕННЯ ТА СОРТУВАННЯ НАСІННЯ СОЇ НА ВІБРАЦІЙНІЙ НАСІННЕОЧИСНІЙ МАШИНІ

Бакум М. В., к.т.н., проф., Михайлов А. Д., Козій О. Б., к.т.н., доц.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства
імені Петра Василенка*

Наведено результати експериментальних досліджень доочищення та сортування насіння сої на вібраційній насіннеочисній машині. З некондиційної насінневої суміші є можливість отримати насіння сої з високими посівними якостями.

Постановка проблеми. Використання якісного насіння сільськогосподарських культур, у тому числі насіння сої, є одним з найважливіших кроків до отримання дружних, швидких сходів, і в результаті чого отримання високого та якісного врожаю.

Використовуючи якісне насіння є можливість отримати:

- більш швидкі і дружні сходи;
- коренева система рослин розвиватиметься швидше в результаті чого

ефективніше використовуватиметься волога і поживні речовини з ґрунту;

- сходи будуть мати підвищену стійкість до хвороб, шкідників та негативного впливу високих і низьких температур;

- посіви будуть однорідними, а дозрівання буде більш дружним, що значно полегшить збирання;

- урожай буде вищим, а насіння буде високоякісним.

Машини та обладнання, які використовуються для післязбиральної обробки насіння сої, не завжди забезпечують господарства агропромислового комплексу України у високоякісному насіннєвому матеріалі.

У зв'язку з цим, удосконалення конструкцій існуючих засобів механізації, розробка нових методів та нових зерноочисних машин для очищення та сортування насіння сої є актуальною задачею.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для зберігання насіння сої його треба очистити, відсортувати та висушити у відповідності до ДСТУ [4]. При очищенні із вороху видаляються насіння бур'янів, насіння інших культурних рослин, домішки, частки стебел, листя, грудочки ґрунту, неповноцінне насіння основної культури. Несвоєчасне очищення насіння, внаслідок підвищеної вологості насіння бур'янів та домішок, може призвести до зігрівання і втрати посівних якостей. Крім того, це негативно впливає на сепарувальну здатність насіннєвої суміші, зменшує продуктивність машин, вихід насіння основної культури та ін.

Очищене насіння сої необхідно висушити до кондиційної вологості (максимум 15,0%) на площадках, розстеленим тонким шаром, або з використанням спеціальних зерносушарок і установок активного вентилявання підігрітим повітрям [1].

Сортування проводиться з метою виділення для сівби найбільш повноцінного насіння. Таке насіння забезпечує більш високу польову схожість, краще виживання рослин і вищу урожайність. Основна мета сортування - видалення із насіннєвої суміші травмованого, дрібного, щуплого, недорозвиненого насіння основної культури. Використання повітряно-решітнотрієрних зерноочисних машин (СМ-4,0, МС-4,5, "Петкус-Гігант" та ін.) дає можливість виділити із насіннєвої суміші, в залежності від кількості, видів насіння бур'янів та домішок, вологості той чи інший обсяг насіння сої з високими посівними і урожайними властивостями.

Важче очищати і сортувати насіння, яке за аеродинамічними властивостями і розмірними характеристиками близьке до насіння бур'янів і домішок. У такому випадку використовують властивості його поверхні, форму, щільність, питому вагу та ін. Для цього використовують спеціальні зерноочисні машини: пневматичні сортувальні столи типу ПСС-2,5В; СПС-5; фрикційні сепаратори та ін. Насіння округлої форми із гладенькою поверхнею (соя, горох, вика), маючи менший коефіцієнт тертя, добре очищається на гвинтоподібних гірках. Але використання таких зерноочисних машин також не завжди призводить до бажаного результату. Очищене, просушене і відсортоване насіння закладається на зберігання у попередньо продезінфіковані зерносховища. Під час зберігання треба виключити можливість засмічення і зволоження насіння.

Таким чином, врожайність сої в значній мірі залежить від якості насіння і одержання високого та сталого врожаю завжди починається з підготовки висококондиційного посівного матеріалу.

Мета досліджень. Дослідити можливість підвищення посівних якостей насіння сої за рахунок його доочищення та сортування на вібраційній насіннеочисній машині з неперфорованими фрикційними поверхнями.

Результати досліджень. Вирішення проблеми підвищення показників якості насіння сої (вмісту насіння основної культури, схожості, енергії проростання, маси 1000 насінин та ін.) пов'язано із створенням нових високоєфективних та високопродуктивних засобів механізації по його очищенню та сортуванню. До таких засобів варто віднести вібраційні насіннеочисні машини [2, 3], застосування яких відкриває можливості удосконалення технологічного процесу доочищення та сортування насіння сочевиці.

Дослідженнями встановлено, що вібраційні насіннеочисні машини, які розділяють насінневі суміші за комплексом фізико-механічних властивостей (фрикційними властивостями, пружністю і формою насіння), зарекомендували себе з позитивної сторони при підготовці насінневого матеріалу технічних, овочевих, круп'яних, масличних, лікарських культур, насіння трав та насіння інших культур.

Для встановлення ефективності доочищення насіння сої від важковідокремлюваного насіння бур'янів з одночасним сортуванням насіння основної культури були проведені експериментальні дослідження з використанням для цього вібраційної насіннеочисної машини.

Кінематичні і установочні параметри роботи машини були наступними: амплітуда коливань робочого органу - 1,1 мм; частота коливань - $170,0\text{с}^{-1}$; позовжний кут нахилу робочого органу - $2,4^\circ$; поперечний кут нахилу - $1,8^\circ$; кут спрямованості коливань - $30,00$. Подача на кожну робочу поверхню прийнята рівної $14,0$ кг/год. При сепарації насіння сої на вібраційній насіннеочисній машині в якості покриття робочих поверхонь використовувалась фанера технічна.

У відповідності з державним стандартом України [4] насіння сої повинно відповідати наступним посівним показникам: сортова чистота мінімум - $98,0\%$; вміст насіння основної культури мінімум - $98,0\%$; вміст насіння інших культурних рослин максимум - $10,0$ шт./кг; вміст насіння бур'янів максимум - $5,0$ шт./кг, у тому числі важковідокремлюваного - $1,0$ шт./кг; схожість насіння мінімум - $92,0\%$; вологість насіння максимум - $15,0\%$.

Вихідний насінневий матеріал у процесі обробки розділявся на шість фракцій. По кожній фракції і вихідному насінню проводили визначення посівних якостей (вмісту насіння основної культури, схожості, енергії проростання, маси 1000 насінин).

Результати доочищення з одночасним сортуванням насіння сої на вібраційній насіннеочисній машині наведено у таблиці 1.

Насіння сої після обробки на повітряно-решітно-трієрних зерноочисних машинах загального призначення мало наступні посівні показники: вміст

насіння основної культури - 91,08%; вміст насіння бур'янів - 8,92%; схожість - 88,0%; енергію проростання - 72,0%, масу 1000 насінин - 53,78 г.

Аналіз результатів проведених експериментальних досліджень доочищення та сортування насіння сої на вібраційній насіннеочисній машині показує (табл. 1), що у першу фракцію потрапило насіння сої вміст насіння основної культури, схожість та енергія проростання якого, у порівнянні з такими показниками вихідного насіння, відповідно, зменшилось, на 3,78%; 7,0% та 5,0%, маса 1000 насінин при цьому незначно підвищилась (на 0,68 г). Вихід насіння сої цієї фракції склав 6,10% від маси вихідного матеріалу. В цю фракцію потрапило 2,21% половинок насіння основної культури, що практично у два рази менше чим у вихідного насіння. Але за вмістом насіння основної культури і схожістю насіння цієї фракції не відповідає показникам якості і є некондиційним у відповідності до державного стандарту України [4].

При виході насіння другої фракції 24,42% (від маси вихідного насіння) до неї потрапило насіння сої, яке за вмістом насіння основної культури, схожістю, енергією проростання, масою 1000 насінин, відповідно, перевищує вихідне насіння на 8,46%; 11,0%; 9,0% та 0,50 г.

Таблиця 1 – Результати доочищення та сортування насіння сої на вібраційній насіннеочисній машині

Найменування показників	Вихідне насіння	Номер фракції (приймальника)					
		1	2	3	4	5	6
Розподілення насіння по фракціях, %	100,00	6,10	24,42	12,91	33,58	11,23	11,76
Розподілення насіння зростаючим підсумком, %	-	6,10	30,52	43,43	77,01	88,24	100,00
Вміст насіння основної культури, %	91,08	87,30	99,54	99,40	98,78	99,69	87,78
Вміст насіння бур'янів, %	8,92	12,70	0,48	0,60	1,22	0,31	12,22
Розподілення половинок насіння, %	4,57	2,21	1,87	1,65	1,37	0,09	3,24
Маса 1000 насінин, г	53,78	54,46	54,28	56,64	56,46	55,76	45,11
Схожість, %	88,0	81,0	97,0	98,0	94,0	93,0	67,0
Енергія проростання, %	72,0	67,0	81,0	85,0	77,0	75,0	44,0
Якість насіння	Не конд.	Не конд.	Конд.	Конд.	Конд.	Конд.	Не конд.

У третій приймальник потрапило насіння сої (вихід насіння 12,91% від маси вихідного матеріалу), у якого вміст насіння основної культури, схожість та енергія проростання перевищує ці показники вихідного насіння, відповідно, на 8,32%; 10,0%; 13,0%. У порівнянні з вихідним матеріалом маса 1000 насінин сої підвищилась на 2,86 г.

Вихід насіння сої четвертого приймальника найбільший і складає 33,58% від маси вихідного насіння. Вміст насіння основної культури, схожість, енергія проростання та маса 1000 насінин, у порівнянні з вихідним насінням, відповідно, збільшилось на 7,70%; 6,0%; 5,0% і 2,68 г.

У порівнянні з посівними показниками вихідного насіння, у п'ятий приймальник потрапило насіння сої, яке за вмістом насіння основної культури, схожістю, енергією проростання та масою 1000 насінин перевищує ці показники вихідного насіння, відповідно, на 8,61%; 5,0%; 3,0% і 3,01 г (вихід насіння 11,23% від маси вихідного матеріалу).

Треба відзначити, що у другий-п'ятий приймальники потрапило найменша кількість половинок насіння сочевиці, відповідно, 1,87%; 1,65%; 1,37%; 0,09%. У вихідного насіння цей показник складає 4,57%.

При виході насіння сочевиці шостої фракції 11,76% до неї потрапило некондиційне насіння, яке за вмістом насіння основної культури, схожістю, енергією проростання та масою 1000 насінин зменшилась, у порівнянні з вихідним насінням, відповідно, на 3,30%; 21,0%; 28,0%; 10,67 г.

За посівними показниками насіння цієї фракції є некондиційним і не відповідає вимогам державного стандарту [4].

Висновки. За результатами проведених експериментальних досліджень можна зробити наступні висновки:

- на вібраційній насіннеочисній машині з неперфорованим робочим органом за один пропуск є можливість виділити з насіння сої важковідокремлюване насіння бур'янів;
- вихід кондиційного насіння складає 82,14%;
- у відхід разом з насінням бур'янів виділяється неповноцінне (половинки насіння, травмоване, щупле, недорозвинене) насіння основної культури. Тому є можливість значно підвищити такі важливі посівні якості насіння як схожість, енергію проростання, масу 1000 насінин.

Доочищення та сортування насіння сої на вібраційній насіннеочисній машині з виділенням для посіву повноцінного насіння забезпечує підвищення основних показників посівних якостей насіння.

Список використаних джерел

1. Войтюк Д.Г., Аніскевич Л.В., Іщенко В.В. та ін. / за редакцією Д.Г. Войтюка / Сільськогосподарські машини - К.: Агроосвіта, 2015. - 679 с.
2. Заика П.М. Вибрационные семяочистительные машины и устройства - МИИСП, 1981. - 141 с.
3. Заика П.М., Мазнев Г.Е. Сепарация семян по комплексу физико - механических свойств. - М.: Колос, 1978. - 287с.

4. ДСТУ 2240-93. Насіння сільськогосподарських культур. Технічні умови - К.: Держстандарт України, 1994. - 73 с.

Аннотация

ДООЧИСТКА И СОРТИРОВАНИЕ СЕМЯН СОИ НА ВИБРАЦИОННОЙ СЕМЯОЧИСТИТЕЛЬНОЙ МАШИНЕ

Бакум Н. В., Михайлов А. Д., Козий А. Б.

Приведены результаты экспериментальных исследований доочистки и сортирования семян сои на вибрационной семяочистительной машине. Из некондиционной семенной смеси есть возможность получить семена сои с высокими посевными качествами.

Abstract

COOKING AND SORTING OF SOY SEEDS ON A VIBRATING SEED WASHING MACHINE

N. Bakum, A. Mikhaylov, A. Koziy

The results of experimental studies of post-cleaning and screening of soybean seeds on a vibratory seed-cleaning machine are presented. From the substandard seed mixture, it is possible to obtain soybean seeds with high seeding qualities.

УДК 621.431

ПАРАМЕТРИЧНА ОПТИМІЗАЦІЯ СИСТЕМИ “ДВИГУН-ТРАНСМІСІЯ”

Варваров Л. М., к.т.н., доц.

Луганський національний аграрний університет

Гришин І. Я., к.т.н., проф.

Харківський національний аграрний університет ім. В. В. Докучаєва

Наведені результати процедури оптимізації конструктивних і режимних параметрів транспортного ряду коробки зміни передач трактора класу 30 кН

Постановка задачі. Основні показники режимів роботи тракторних агрегатів – середньо експлуатаційна потужність і витрати палива, значною мірою залежать від структури завантаження двигуна як джерела рухомої сили мобільної машини.

Практика експлуатації свідчить за те, що при виконанні певних робіт тракторний двигун не може бути повністю завантажений внаслідок низки чинників: обмеження тягового зусилля допустимою шириною захвату робочого знаряддя, обмеження робочої швидкості руху машини по вимогам виконання технологічного процесу і т.ін. До цього можна віднести і необхідність

враховувати динаміку робочих органів знаряддя, буксування рушіїв, а також безліч чинників, що витікають з особливостей організаційного порядку.

Проблема поліпшення експлуатаційних показників може вирішуватися у двох напрямках. Перший – для практики тракторобудування є традиційним і полягає в удосконаленні конструкції окремих вузлів і агрегатів трактора. При цьому більшого ефекту з енергетичних позицій слід очікувати за рахунок підвищення коефіцієнта корисної дії (ККД) тих систем, у яких втрати енергії найбільші. Для мобільних засобів такими є двигун і трансмісія. Однак слід зазначити, що на сучасному рівні розвитку тракторної енергетики можливості удосконалення як системи “двигун – трансмісія” у цілому, так і її складових, багато у чому практично вичерпані. Граничні значення їх параметрів, як правило, відомі і обмежені умовами організації робочих процесів. Межі зміни конструктивних параметрів визначаються поряд із цим також технологічними можливостями виробництва.

Другий напрямок – це узгодження характеристик вузлів і агрегатів трактора (насамперед двигуна і трансмісії) за рахунок забезпечення раціональних режимів їх роботи та оптимізації до експлуатаційних режимів конструктивних параметрів окремих вузлів та агрегатів. Під пріоритетним упорядкуванням режимів розуміється встановлення міри доцільності реалізації того чи іншого режиму роботи двигуна, трансмісії і мобільного засобу, у цілому, а також пошук техніко – технологічних рішень, що дозволяють більш бажані режими реалізувати частіше і довше. За рахунок пріоритетного упорядкування режимів можна очікувати для системи взагалі більш значного ефекту, ніж від прямого підвищення ККД окремих складових системи.

Одним з основних показників, що характеризують умови експлуатації машино-тракторних агрегатів (МТА), є характеристика їх використання по видам работ. Для тракторів, що є мобільними засобами багатоцільового призначення, ця характеристика змінюється у дуже широких межах. Навіть для одного “типу – класу” тракторів умови експлуатації у різних регіонах значно відрізняються одне від одного і залежать як від виробничої спрямованості регіону, так і від номенклатурного складу тракторного парку.

Найбільш ґрунтовна статистична інформація по розподілу експлуатаційних параметрів вітчизняних тракторів і сільськогосподарських машин надана у дослідженнях науково – дослідного конструкторсько-технологічного інституту тракторних і комбайнових двигунів – НИКТИД [1].

Характеристики використання тракторів класів 30, 50 кН на основних видах сільськогосподарських операцій наведені у табл. 1.

Таблиця 1 – Характеристики використання тракторів

Тип роботи	Клас 30 кН				Клас 50 кН			
	$t_b, \%$	$t_p, \%$	$t_x, \%$	$t_o, \%$	$t_b, \%$	$t_p, \%$	$t_x, \%$	$t_o, \%$
Транспортні	50	55,0	17,5	27,5	45	63,5	21,5	15,0
Оранка	25	79,0	14,0	7,0	25	74,5	19,0	6,5
Культивация	15	68,5	28,3	3,2	10	74,0	20,0	6,0
Дискування	5	74,5	22,0	3,5	10	57,0	25,0	18,0
Бульдозерні та ін.	5	59,0	37,0	4,0	10	59,0	37,0	4,0

У таблиці 1 наведені дані по відносній тривалості t_i , % - загального часу по видам робіт; t_p , % - на робочих режимах; t_x , % - на холостому ході; t_o , % - при зупинках трактора.

З даних таблиці 1 очевидно, що пріоритетними видами роботи є транспортні, а по розподілу режимів роботи – робочі, які характеризуються недовантаженням порядку 20%. Практика с. г. виробництва свідчить, що такі режими характерні для транспортних робіт, і саме до них доцільно проводити параметричну оптимізацію як трактора у цілому, так і окремих його складових (наприклад, трансмісії).

Одним з основних конструктивних параметрів трансмісії є ряд передаточних чисел. Відомі в теорії колісних і гусеничних машин методики розподілу передаточних чисел трансмісії по ступеням передбачають реалізацію заданих тягово-швидкісних показників, долання опору шляху, забезпечення зчеплення із дорогою, але не враховують забезпечення такого важливого показника як рівень паливної економічності.

Мета дослідження. Розробка підходів до визначення процедури оптимізації режимних і конструктивних параметрів системи “двигун-трансмісія” по рівню паливної економічності, з урахуванням міри пріоритетності видів роботи МТА в експлуатації.

Результати дослідження. Прототипом досліджень прийнятий трактор серії ХТЗ-170, обладнаний двигуном ЯМЗ-236.

Механізмом реалізації процедури оптимізації параметрів системи “двигун-трансмісія” була прийнята методика, яка передбачала суміщення характеристик двигуна і характеристик трактора [2].

Задача аналізу представлена рівнянням руху трактора – $V = f(M_d, \omega_d)$ та багатопараметровою паливною характеристикою двигуна – $g_e = f(M_d, \omega_d)$.

Основний факторіал якості – мінімальні питомі витрати палива – $g_{e.min}$.

Система обмежень представлена зовнішньою характеристикою двигуна – $M_d = f(\omega_d)$.

Вихідними даними для проведення досліджень прийнята коробка зміни передач трактора ХТЗ-170, розрахункові швидкості руху – V , та передаточні числа трансмісії – U_{mp} якої для серійного варіанту надані у табл. 2.

Таблиця 2 – Розрахункові швидкості руху трактора типу ХТЗ-170 (трансмісія – серійний ряд передач)

Передача-серійна робочий ряд		$I (1p)$	$II (2p)$	$III (3p)$	$IV(4p)$
U_{mp}		59,3	50,3	44,2	37,9
$V, \text{ м/с}$	$\omega_d = 90 \text{ } ^{c-1}$	1,0	1,25	1,43	1,66
	$\omega_d = 209 \text{ } ^{c-1}$	2,47	2,91	3,31	3,86
Передача-серійна, транспортний ряд		$V (1m)$	$VI (2m)$	$VII (3m)$	$VIII(4m)$
U_{mp}		27,7	23,4	20,6	17,7
$V, \text{ м/с}$	$\omega_d = 90 \text{ } ^{c-1}$	2,27	2,69	3,06	3,56
	$\omega_d = 209 \text{ } ^{c-1}$	5,28	6,25	7,10	8,27

Основні технічні дані двигуна ЯМЗ-236 такі:

-кількість циліндрів	$i = 6;$
-діаметр циліндру, м	$D = 0,13;$
-хід поршня, м	$S = 0,14;$
-ступінь стиску	$\varepsilon = 16,5;$
-номінальна потужність, кВт	$N_e = 184;$
-частота обертання колінчастого валу на номінальному режимі, об/хв/ рад/с	$n_{\partial} = 2100/209;$
-питома витрата палива на номінальному режимі, г/кВт*год.	$g_e = 228$

Аналіз оптимальних властивостей моторно-трансмісійної установки трактора ХТЗ-170 проводимо тільки для передач транспортного діапазону – 1m; 2m; 3m; 4m.

Графічна інтерпретація синтезу оптимальних властивостей МТУ трактора ХТЗ-170 представлена на рис. 1.

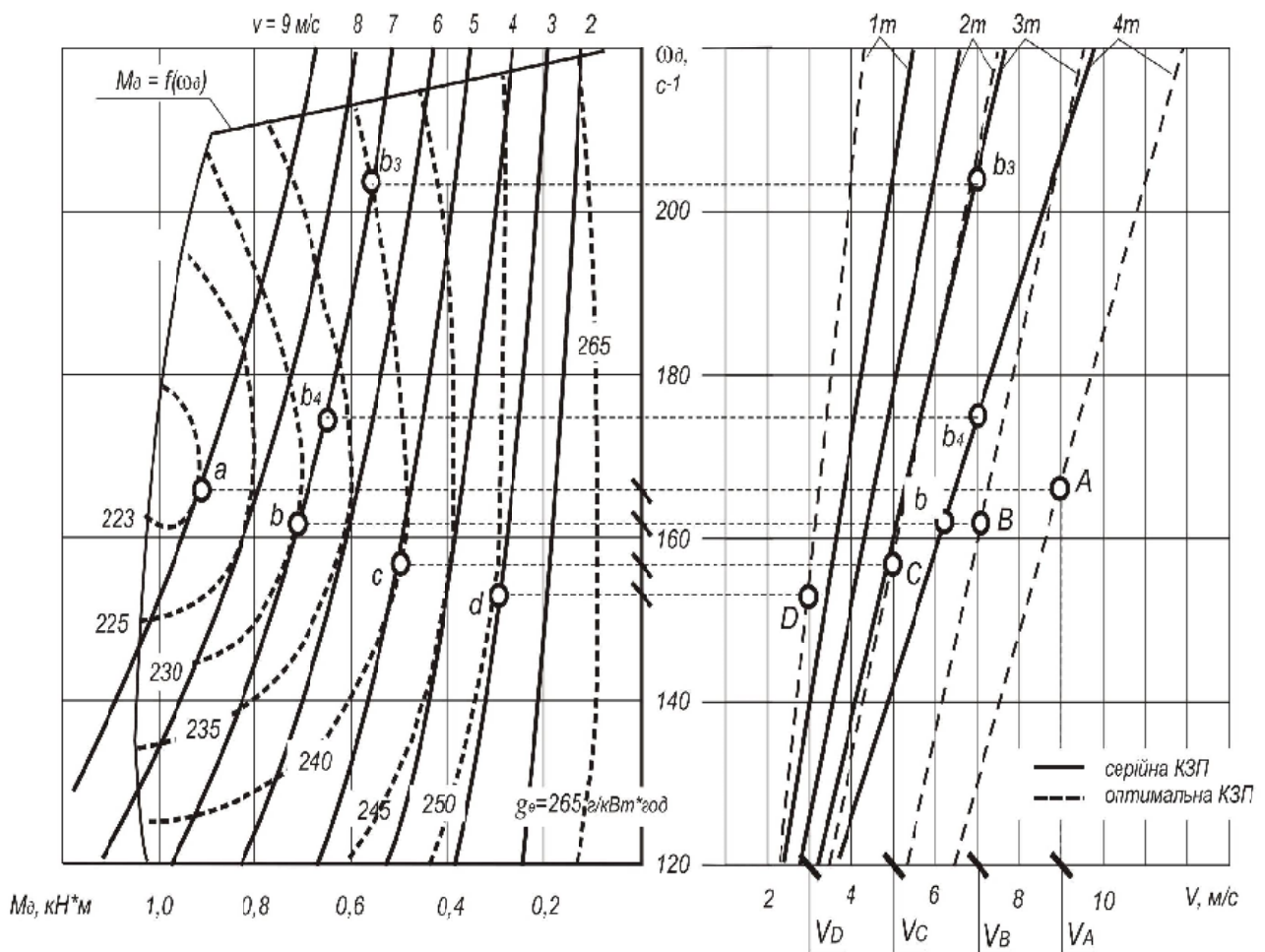


Рис. 1 – Графічна інтерпретація синтезу оптимальних властивостей моторно-трансмісійної установки трактора ХТЗ-170

У загальному вигляді користування такою методикою передбачає наступне.

Припустимо, що по певним експлуатаційним вимогам (технологічним, ситуаційним або ін.) транспортний засіб має рухатися зі швидкістю $V = 7$ м/с. Цю швидкість можна реалізувати на режимі роботи трактора на передачі $3m$ – точка „ b_3 ” на діаграмі $V = f(\omega_d)$, та робота на передачі $4m$ – точка „ b_4 ”.

Проецируючи точку „ b_3 ” на багатопараметрову характеристику $V = f(M_d, \omega_d)$ – крива $V = 7$ м/с, отримуємо режим, що також означений точкою „ b_3 ”. Параметри двигуна, що відповідають режиму роботи на третій передачі знаходимо по багатопараметровій характеристики $g_e = f(M_d, \omega_d)$. Значення цих параметрів такі:

- крутний момент двигуна – $M_d = 0,55$ кН·м;
- частота обертання кол. валу двигуна – $\omega_d = 205$ с⁻¹;
- питома витрата палива – $g_e = 240$ г/кВт·год.

При роботі на четвертій передачі (точка „ b_4 ”) параметри двигуна такі:

- крутний момент двигуна – $M_d = 0,68$ кН·м;
- частота обертання кол. валу двигуна – $\omega_d = 175$ с⁻¹;
- питома витрата палива – $g_e = 233$ г/кВт·год.

Отже, зменшення частоти обертання з $\omega_d = 205$ с⁻¹ до 175 с⁻¹ при збереженні швидкості руху $V = 7$ м/с вимагає переходу на наступну (четверту) передачу. При цьому завантаження двигуна зростає з $M_d = 0,55$ кН·м до $0,68$ кН·м, що приведе до зменшення витрат палива з $g_e = 240$ г/кВт·год до 233 г/кВт·год, тобто приблизно на 3%.

Подальшого поліпшення паливної економічності (до рівня $g_e = 230$ г/кВт·год – точка “ b ”) можна досягнути шляхом зменшення частоти обертання до $\omega_d = 162$ с⁻¹. Але при цьому навіть на найвищій четвертій передачі швидкість руху впаде з $V = 7$ м/с до $6, 5$ м/с, бо конструктивні параметри КЗП не можуть цього забезпечити. Очевидно, що мінімізація витрат палива при збереженні заданої швидкості руху – $V = 7$ м/с, вимагає зміни передавального числа передачі $3m$ з $U_{mp.3} = 20,6$ (табл. 2) до рівня:

$$U_{mp.3.ont} = \frac{r_k \cdot \omega_d}{V} = \frac{0,7 \cdot 162}{7} = 16,2.$$

Цей режим на променевій діаграмі позначений точкою “ B ”.

Аналогічні міркування можна провести і при роботі трактора на інших швидкостях руху. Так при максимальній по технічній характеристики трактора ХТЗ-170 швидкості порядку $V = 9$ м/с мінімально можливі витрати палива – $g_e = 223$ г/кВт·год (точка “ a ”), забезпечуються режимом, який на діаграмі $V = f(\omega_d)$ позначений точкою “ A ”. При швидкості $V = 5$ м/с мінімально можливі витрати палива – $g_e = 240$ г/кВт·год (точка “ c ”), забезпечуються режимом, який на діаграмі $V = f(\omega_d)$ позначений точкою “ C ”. А при $V = 3$ м/с (точка “ d ”) – режимом “ D ”.

Розрахунки передаточних чисел трансмісії, що забезпечують мінімізацію витрат палива на певних швидкостях руху трактора, наступні:

при $V = 9$ м/с ($\omega_\partial = 168$ с⁻¹):

$$U_{mp4.onm} = \frac{r_k \cdot \omega_\partial}{V} = \frac{0,7 \cdot 168}{9} = 13,07;$$

при $V = 5$ м/с ($\omega_\partial = 158$ с⁻¹):

$$U_{mp2.onm} = \frac{r_k \cdot \omega_\partial}{V} = \frac{0,7 \cdot 158}{5} = 22,12$$

при $V = 3$ м/с ($\omega_\partial = 155$ с⁻¹):

$$U_{mp1.onm} = \frac{r_k \cdot \omega_\partial}{V} = \frac{0,7 \cdot 155}{3} = 36,17$$

Розрахунки променевих діаграм відповідно до визначених передаточних чисел, що забезпечують мінімізацію витрат палива на певних швидкостях руху трактора, представлені у таблиці 3.1

Таблиця 3.1 – Розрахунок характеристик $V = f(\omega_\partial)$

Передача		V (1m)	VI (2m)	VII (3m)	$VIII$ (4m)
$U_{mp.onm}$		36,17	22,12	16,2	13,07
V , м/с	$\omega = 120$ с ⁻¹	2,32	3,80	5,25	6,43
	$\omega = 220$ с ⁻¹	4,26	6,96	9,63	11,78

На рис. 3.3 розрахункові оптимальні променеві діаграми наведені штриховими лініями, з яких очевидно, що мінімізацію витрат палива при роботі на передачі 1m можна забезпечити тільки при швидкості руху $V = 3$ м/с; на передачі 2m – при $V = 5$ м/с; на передачі 3m – при $V = 7$ м/с; на передачі 4m – при $V = 9$ м/с.

Висновки

Оптимізація передавальних чисел транспортного ряду коробки зміни передач трактора ХТЗ-170 за рахунок узгодження характеристик системи “двигун-трансмсія” дозволяє поліпшити паливну економічність двигуна на 3...5% при забезпеченні заданої швидкості руху МТА.

Список використаних джерел

1. Методика определения оценочного удельного расхода топлива двигателей тракторов и сельскохозяйственных машин / [Текст: Техн. отчет НИКТИД. – Владимир; НИКТИД, 1989. – 20с.
2. Варваров Л.Н. Методика оптимизации режимов работы систем “двигатель-трансмиссия” транспортных средств Тракторная энергетика в растениеводстве / [Текст]: Сб. научн. тр. ХГТУСХ – Харьков, 1999. – С.34-41.

Аннотация

ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ "ДВИГАТЕЛЬ-ТРАНСМИССИЯ"

Варваров Л. Н., Гришин И. Я.

Приведенные результаты процедуры оптимизации конструктивных и режимных параметров транспортного ряда коробки перемены передач трактора класса 30 кН

Abstract

PARAMETRIC OPTIMIZATION SYSTEMS "ENGINE-TRANSMISSION"

L. Varvarov, I. Grishin

The resulted results of procedure of optimization of constructive and regimen parameters of a transport range of a box of change of transfers of the tractor of a class of 30 kN

УДК 631.172

НОВІ МОЖЛИВОСТІ ПРИ СУМІСНИХ ПОСІВАХ КОРМОВИХ КУЛЬТУР

Мельник В. І., д.т.н., Пастухов В. І., д.т.н., Циганенко М. О., к.т.н.,
Качанов В. В., інж., Крохмаль Д. В., асп.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства
імені Петра Василенко*

В статті наведено результати досліджень сумісних посівів кормових експериментальною сівалкою на базі «Vega-8 Profi» виробництва ПАТ «Ельворті». При дослідженнях було визначено якісні показники роботи сівалки, динамічні та енергетичні показники посівного агрегату.

Постановка задачі. При вирощуванні кормових культур, як в Україні так і в зарубіжних державах досить давно застосовуються сумісно та стерньові посівах цих культур. Це дозволяє з одного боку більш ефективно використовувати посівні площі, а з другого - збільшувати збір з одиниці площі посівів. Особливо це стосується змішаних посівів зернових з бобовими, так як такі суміші забезпечують найбільш високий вихід протеїну та білка.

З різноманітних варіантів таких сумішей найбільш ефективними є суміші кукурудзи та сої, які поряд з отриманням високоякісного корму, ще підвищують родючість ґрунту, збагачуючи його азотом.

Мета роботи. Згідно з детальними дослідженнями [1...8], проведеними в Україні, найбільше ефективними є сумісні посіви кукурудзи та сої, які

висіваються в одному рядку. При цьому підвищується врожайність обох культур в порівнянні з сівбою кожної культури окремо. До цього часу через відсутність відповідного забезпечення, тобто спеціалізованих сівалок, здійснити це було досить складно, тому для сумісних посівів застосовувались різноманітні схеми посівів, в яких рядки кукурудзи чергувались з рядками сої [1].

Результати досліджень. Внаслідок спільної плідної праці науковців ХНТУСГ та фахівців фірми «Ельворті» була розроблена принципова схема спеціалізованої сівалки для сумісних посівів кормових культур, а фірмою «Ельворті» в найкоротші строки був виготовлений дослідний зразок сівалки на базі «Vega-8 Profi «Ельворті». Ця сівалка розроблена дозволяє висівати декілька просапних культур з міжряддям 70 см. На відміну від «Vega-8», спеціалізована сівалка для сумісних посівів кормових культур має оригінальний здвоєний висіваючий апарат на кожному з 8-ми рядків, що дозволяє висівати в кожному рядку по дві культури, а при необхідності висівати вісім пар різних культур в межах захвату сівалки. Спеціалізована сівалка оснащена системою контролю за процесом висіву по кожному з восьми рядків, та пристроями, які покращують стан ґрунту та прикочують засіяні рядки.

З метою виявлення ефективності застосування дослідної сівалки кафедрами ХНТУСГ ім. Петра Василенка «Сільськогосподарські машини», «Оптимізація технологічних систем» та «Трактори та автомобілі» в весняно-літній період 2017 року було проведено відповідно до розробленої програми та методики всебічні дослідження, які включали визначення якісних та тягово-енергетичних показників роботи сівалки при проведенні сумісних посівів кукурудзи та сої. Досліди проводились в виробничих умовах державного господарства «Дослідне господарство «Кутузівка» інституту сільського господарства Північного сходу Національної академії наук України на полі площею 54 га, попередником на якому була кукурудза та зерно. Показники, що характеризують стан поля в період сівби представлені в таблиці 1.

Таблиця 1 - Показники стану поля дослідного поля

Найменування показників	Од. вимірів	Значення показників
Вологість ґрунту в шарах:	%	
0-5 см		24,0
5-10 см		26,2
10-15 см		28,0
Твердість ґрунту в шарах:	МПа	
0-5 см		1,1
5-10 см		1,4
10-15 см		1,7
Глибина передпосівного обробітку:		
-середня X;	см	7,0
-мінімальна;	см	2,0
-максимальна;	см	15,0
Середньоквадратичне відхилення	±см	3,3
Коефіцієнт варіації	%	47,1

Як показує аналіз даних таблиці, вологість ґрунту складала в шарах заробки насіння (від 0–10 см) 24,0-26,2%, що з одного боку було позитивно, але з другого - могло бути причиною для забивання сошників. Твердість ґрунту, що складала 1,1-1,4 МПа, була характерною для стану ґрунту після передпосівного обробітку ґрунту. Середня глибина передпосівного обробітку 7,0 см, що відповідало оптимальній для сівби обох сумісних культур. Але при цьому спостерігалася значна нерівномірність глибини передпосівного обробітку, про що свідчить значення коефіцієнту варіації, а також значна різниця між мінімальною та максимальною глибиною обробітку (від 2,0 см до 15 см).

Слід зазначити, що передпосівний обробіток ґрунту проводився культиватором КПС-4М, що застосовується в господарстві «Кутузівка» для передпосівного обробітку під просапні культури кукурудзу та соняшник, який не забезпечує необхідну якість обробітку.

Сівба сумісних культур кукурудзи, сої та сорго здійснювалась високопродуктивними сортами: кукурудзи «Соломинська 298 СР», сої – «Хуторяночка», сорго - «Самурай», які мали високу лабораторну схожість насіння: 98%, 94%. Та 98%.

При проведенні сумісних посівів, спеціалізована сівалка агрегувалась з новим потужним трактором ХТЗ-242К (рис. 1; 2), який дозволив проводити сівбу на досить високій швидкості - 12,0 км/год.

Основні показники якості, які були забезпечені сівалкою, представлені в таблиці 2.

Як свідчить аналіз даних таблиці, середня глибина загортання насіння кукурудзи (81,45 мм) та сої (64,48 мм) була різною, хоча по конструктивним даним вона повинна була бути однаковою. Причиною цього, як і нерівномірності загортання насіння, слід вважати, з одного боку нерівномірність передпосівного обробітку, з другого - вплив коливань трактора від нерівностей поля та його причіпного пристрою, які передавалися на дишло сівалки.

Як наслідок нерівномірності загортання насіння кукурудзи і сої, а також значної посухи, яка спостерігалась після сівби, польова схожість насіння кукурудзи (64,8%) та особливо сої (46,3%) були досить низькими. В свою чергу, низька польова схожість стала причиною нерівномірного розподілу рослин (кукурудзи і сої), про що свідчать значення коефіцієнтів розподілу рослин кукурудзи (75,0%) та сої (89,4%).

Дослідження впливу швидкості посівного агрегату проводилось при фактичних швидкостях 10,0; 7,4; 4,7 км/год. (табл. 3). При цьому головними показниками якості були значення глибини загортання, польова схожість насіння та густина насадження в період повних сходів. Визначені вказані показники представлені в таблиці 3.

Аналіз даних таблиці показує, що зміна швидкості сівби сівалкою в інтервалі швидкостей від 10,0 до 4,7 км/год не впливає суттєво на значення вказаних показників.



Рис. 1 – Загальний вигляд дослідної сівалки



Рис. 2 – Дослідна сівалка в агрегаті з трактором ХТЗ-2402К

Як кінцевий результат досліджень сумісних посівів кукурудзи та сої дослідною спеціалізованою сівалкою на базі «Vega-8 Profi», є визначення біологічної врожайності сумісних посівів та контролю, які представлені в таблиці 4.

Таблиця 2 – Показники якості роботи спеціалізованої сівалки «Vega - 8 Profi» при сумісній сівбі кукурудзи та сої

Найменування показників	Одиниці вимірів	Значення показників	
1	2	3	
Місце проведення досліджень		Державне господарство «Дослідне господарство «Кутузівка» Харківського р-ну, Харківської області	
Дата сівби		04.05.2017-07.05.2017	
Встановлена норма висіву:			
кукурудзи	шт./п.м.	6,0	
сої	шт./п.м.	14,0	
Швидкість посівного агрегату	км/год.	12,0; 10,0; 4,7	
Глибина загортання насіння при швидкості 12,0 км/год.:		соя	кукурудза
-середня X	мм	64,48	81,45
-мінімальна;	мм	28,0	37,0
-максимальна;	мм	82,0	110,0
Середньоквадратичне відхилення(поставити δ)	+ мм	16,97	15,17
Коефіцієнт варіації	%	26,32	18,6
Похибка середньої	+мм	0,98	0,88
Польова схожість:	%		
-кукурудзи		62,8	
-соя		46,3	
Густота насадження в період повних сходів:			
- кукурудзи	шт./п.м.	3,77	
	тис. шт./га	53,8	
-сої	шт./п.м.	6,49	
	тис. шт./га	92,7	
Розподіл рослин в рядку в період повних сходів на посівах з швидкістю 12,0 км/год.		кукурудза	соя
Середня відстань між рослинами x;	см	29,2	11,9
Середньоквадратичне відхилення δ	+см	21,92	10,66
Коефіцієнт варіації	%	75,0	89,4
Похибка середньої	+ см	2,60	0,84

Таблиця 3 – Вплив швидкості сівби спеціалізованою сівалкою на основні показники якості сівби

Найменування показників	Одиниці вимірів	Значення показників		
		Швидкість руху дослідної сівалки		
		10,0 м/год	7,7 км/год	4,7 км/год
Польова схожість насіння:	%			
кукурудзи		46,7	43,3	45,0
сої		33,9	30,6	30,5
Густота насадження:				
кукурудзи	шт./п.м.	2,8	2,6	2,7
	тис.шт/га	40,0	37,1	38,6
сої	шт./п.м.	6,4	5,5	5,5
	тис.шт/га	87,14	78,57	78,4

Таблиця 4 – Біологічна врожайність на сумісних посівах кукурудзи та сої

Найменування показників	Одиниці вимірів	Значення показників
Врожайність силосної маси на сумісних посівах кукурудзи та сої	ц/га	153,3+13,0
Врожайність кукурудзи на сумісних посівах	ц/га	129,9
Густота насадження перед збиранням врожаю	тис. шт./га	56,6
Врожайність початків кукурудзи в сумісних посівах	ц/га	34,9
Врожайність сої в сумісних посівах	ц/га	23,3
Густота насадження в сумісних посівах	тис. шт./га	81,8
Врожайність сорго в сумісних посівах з соєю	ц/га	63,5
Густота насадження сорго	тис. шт./га	32,9
Врожайність кукурудзи на контролі,	ц/га	91,9
в т.ч. початків	ц/га	26,6
Густота насадження на контролі перед збиранням врожаю	тис. шт./га	80,0
Вага однієї рослини кукурудзи: -на сумісних посівах -на контролі	г г	228,4 114,8
Вага однієї рослини сої на сумісних посівах	г	28,4

Як видно, біологічна врожайність силосної маси кукурудзи та сої склала 153,3 ц/га, що на 40% вище ніж кукурудзи на контролі (91,9 ц/га). При цьому і окремо врожайність кукурудзи в сумісному посіві була також вищою на 30%, ніж на контролі. В сумісних посівах була вищою і врожайність початків в порівнянні з контролем. Вищою, майже вдвоє, була вага однієї рослини кукурудзи на сумісних посівах в порівнянні з контролем.

Слід зазначити, що, незважаючи на невисоку врожайність сорго в сумісному посіві з соєю, стан рослин сорго перед збиранням врожаю визначався тим, що рослини сорго були з зеленим листям та соковитим стеблами (рис.3.). В той же час рослини кукурудзи як на сумісних посівах, так і на контролі були з сухим листям та підсохлими стеблами, тобто сорго значно сухостійкіше.

Визначення динамічних і тягово-енергетичних показників при роботі посівного апарату для сумісних посівів показало наступне. Основними показниками, які визначалися, були швидкість агрегату, тяговий опір агрегату та сівалки окремо, буксування коліс трактора, а також вібраційні показники висіваючих апаратів сівалки. Результати визначення показників свідчать, про те, що при зміні швидкості від 6,0 км/год до 12,0 км/год тяговий опір агрегату змінюється від 10000Н–17000Н до 25650Н, тобто при застосуванні трактора ХТЗ-242К є значний резерв потужності. Вимір вібрації висіваючих апаратів показав її наявність, тим самим підтвердив вплив цих коливань на нерівномірність глибини загортання. Визначення показника буксування показало, що його значення не перевищувало 5%.



Рис. 3 – Сорго перед збиранням сумісних посівів

Висновки. Багаторічний досвід застосування сумісних посівів кормових культур в Україні і в зарубіжжі показує високу ефективність по врожайності, якості кормів, а також по позитивному впливу на ґрунт сумісних посівів зернових та сої.

Найбільший ефект дають сумісні посіви при висіві обох сумісних культур в одному рядку.

Розроблена внаслідок спільної праці науковців ХНТУСГ та фахівців ПАТ «Ельворті» («Червона зірка») спеціалізована сівалка для технології сумісних посівів кормових культур забезпечує стабільне виконання технологічного процесу сумісного посіву в одному рядку двох кормових культур.

Дослідження ефективності застосування дослідного зразка спеціалізованої сівалки на базі «Vega-8 Profi» для сумісних посівів зернових і сої показали, що вона забезпечує задовільну якість сівби в діапазоні швидкостей 4,7–12,0 км/год.

Сумісні посіви, виконані дослідною сівалкою на базі «Vega-8 Profi», навіть в складних умовах значної літньої посухи, забезпечили суттєву перевагу в

урожайності силосної маси (153,3 ц/га) в порівнянні с контролем (96,9 ц/га), а також в якості силосу.

Список використаних джерел

1. Кузьменко О. С. Проміжні та сумісні посіви в Україні, вища школа. – Київ:1986 – 175 с.
2. Агробиологическое обоснование эффективности смешанных посевов/ Мельник В.И., Пастухов В.И., Витанов А.Д., Гноевой И.В// Науковий журнал «Інженерія природокористування» Харків, 2015 №2 (4) - с.29 -46.
3. Совместный высев пропашных культур — технико-технологические проблемы и задачи/ Мельник В.И., Пастухов В.И., Бакум Н.В. // Науковий журнал «Інженерія природокористування» Харків, 2016 №2 (6) - с.29 -38.
4. Продуктивна та енергетична оцінка вирощування кукурудзяно-соєвих сумішок на силос / Гноєвий В.І., Гноєвий І.В., Котець Г.І., Пастухов В.І., Мельник В.І./ Науковий університет сільського господарства і ветеринарної медицини в Ясах //.- Яси, Румунія, 2017 - С. 372-376.
5. Бегей С. В. Проміжні та сумісні . – К. Урожай, 1980 – 57 с.
6. Бузницький О.Г., Кузьменко О. С., Кухарчук П. І. Вирощування кукурудзи з соєю та соняшником на силос. – К. : Урожай, 1970 – 16 с.
7. Каплуновський П. С. Досвід вирощування кукурудзи в суміші з соєю та буркуном білим в посушливій степовій зоні. – К.: Держсільгоспвидав УРСР, 1963 - 224 с.
8. Семенов А. М.Урожайність та кормові якості зеленої маси кукурудзи та сої у сумісних посівах. Вісник с.-г науки, 1969 № 8 с. 46-42.

Аннотация

НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИ СОВМЕСТНЫХ ПОСЕВОВ КОРМОВЫХ КУЛЬТУР

Мельник В. И., Пастухов В. И., Цыганенко Н. А., Качанов В. В., Крохмаль Д. В.

В статье представлены результаты исследований совместных посевов кормовых культур экспериментальной специализированной сеялкой на базе «Vega-8 Profi» производства ОАО «Эльворти». При исследованиях определены качественные показатели работы специализированной сеялки, а также динамические и энергетические показатели посевного агрегата.

Abstract

NEW POSSIBILITIES IN CONFORMITY WITH LOOK CULTURES

V. Melnik, V. Pastukhov, M. Tsiganenko, V. Kachanov, D. Krokhmal

The article presents the results of studies of joint sowing of forage crops by an experimental specialized seeder on the basis of the "Vega-8 Profi" basis produced by JSC "Elvorti". During the research, the qualitative characteristics of the specialized seeder were determined, as well as the dynamic and energy parameters of the seeding unit.

ДОСЛІДЖЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИСІВУ НАСІННЯ ОВОЧЕВИХ КУЛЬТУР КООРДИНАТНИМ ГІДРО-ПНЕВМАТИЧНИМ ВИСІВНИМ АПАРАТОМ

Бойко В. Б., інж.

Дніпровський державний аграрно-економічний університет

Розроблено методику та проведено лабораторні дослідження процесу висіву насіння овочевих культур координатним гідро-пневматичним висівним апаратом. Використавши отримані значення результатів досліджень побудовано математичну модель точності висіву. Отримано графічні залежності точності висіву насіння в задані координати від конструктивно-технологічних параметрів висівного апарата.

Постановка проблеми. Останнім часом Українськими науковцями активно проводяться науково-дослідні та дослідно-конструкторські роботи по створенню машин для посіву, обробітку і збирання овочевих культур. Проте, до цього часу дані машин не знайшли широкого застосування в виробничих умовах.

Це надає особливої гостроти проблемі впровадження нових підходів в землеробстві, розробці машин здатних автоматизувати технологічні процеси на вирощуванні овочевих культур, знизити затрати ручної праці та підвищити культуру виробництва в рослинництві.

Однією з відповідальних операцій у технології вирощування овочевих культур є сівба, строки і якість проведення якої багато в чому визначають якість сходів, розмір врожаю, захворюваність культур.

Запропонований науковцями Дніпровського аграрно-економічного університету координатний гідропневматичний висівний апарат [1] в подальшому КГПВА дозволить усунути наведені вище проблеми за рахунок точного координатного висіву наклюненого насіння з одночасним внесенням стимуляторів росту та засобів захисту рослин.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Посів овочевих культур здійснюється рядковим способом овочевими сівалками вітчизняного виробництва СТВТ-4, СОН – 4,2, СОТ-4/2 та інших. Висів насіння відбувається рядком з заданою кількістю насіння на гектар та певною рівномірністю розміщення в рядку. Цього достатньо для висіву насіння «пучкових» овочевих культур.

Для пунктирного (точного) висіву насіння широко використовується пневмо-механічні сівалки вітчизняного виробництва: СУПО – 8, «Клен», а також зарубіжні сівалки: Gaspardo-Olimpia, Gaspardo-Orietta, Colibra та інші.

Розглянуті сівалки розраховані на посів овочевих культур і за сприятливих умов здатні забезпечити необхідну кінцеву густоту. Недостатня вологість ґрунту на всьому періоді проростання насіння та відсутності опадів негативно впливають на кінцеву густоту і як наслідок отримання зріджених нерівномірних сходів, зниження врожайності.

Відоме конструктивне рішення гідравлічного висівного апарата, запропоноване науковцями Харківського національного технічного університету сільського господарства, дозволяє підвищити польову схожість і скоротити терміни проростання шляхом висіву пророщеного насіння з наступним зволоженням насінневого ложа [2]. Головним недоліком висівного апарата являється неможливість забезпечити пунктирний висів насіння овочевих культур, так як процес висіву відбувається з перемішуванням рідини з насінням в бакові і наступним транспортуванням насіння рідиною з імовірним його характером розподіленням по рядкам.

Запропонований КГПВА дозволяє усунути недоліки розглянутого вище висівного апарата і забезпечити точний висів пророщеного насіння в задані точки на полі.

Мета дослідження. Встановлення потенційних можливостей координатного гідропневматичного висівного апарата в лабораторних умовах.

Результати досліджень. Для проведення лабораторних досліджень координатного висіву КГПВА розроблено дослідну установку рис. 1.

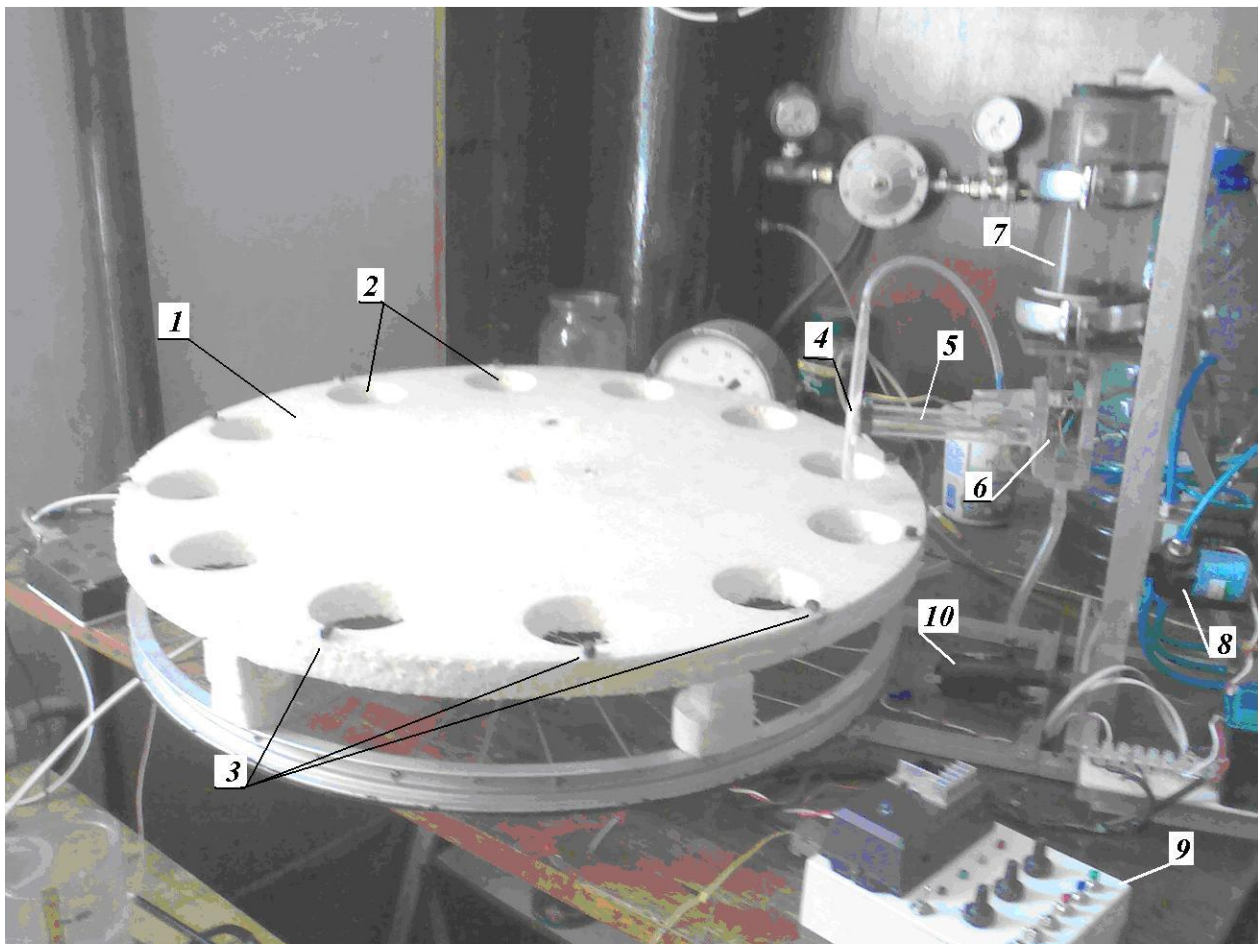
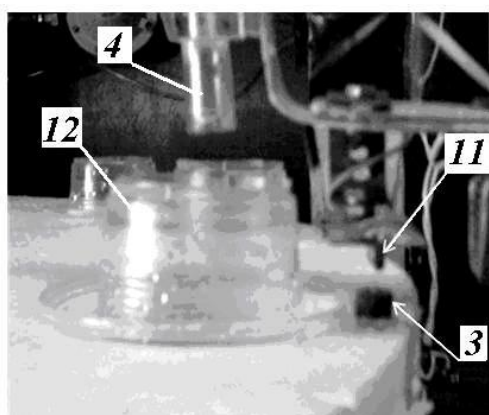


Рис. 1 – Загальний вигляд лабораторної установки для дослідження координатного висіву насіння:

1 – барабан; 2 – гнізда для насінне-уловлювачів; 3 – магніти-мітки положення барабана; 4 – сопло-ствол; 5 – насіннепровід; 6 – забірна камера; 7 – корпус висівного апарата; 8 – блок електрореле; 9 – блок керування; 10 – циркуляційний насос.



а



б

Рис. 2 – Взаємне розташування елементів під час висіву (а) та вигляд насіннеуловлювача (б): 11 – датчик положення; 12 – насіннеуловлювач (решта позицій відповідають рис. 1)

Установка складається з барабана 1, який обертається на осі, приводиться в дію колекторним електродвигуном МЭ-241 через фрикційний ролик, і має дванадцять гнізд 2 для насінне-уловлювачів. В якості насінне-уловлювачів використовуються полістирольні стаканчики на 200 та 80 мл з діаметром 70 та 50 мм, відповідно (рис. 2, б). Проти кожного гнізда (рис. 2, а) встановлені постійні магніти 3, які викликають спрацювання герконового датчика 11 положення барабана, що керує відкриванням пневмоклапана і призводить до висіву «вистрілюванням» сопло-ствола 4. Частота обертання барабана регулюється в межах від 1 до $60^{\text{с}^{-1}}$ шляхом зміни напруги живлення приводного двигуна, що забезпечує частоту висівів 0,2...12 Гц.

Дослідження виконаємо за багатофакторним планом 3×27 . Кількість висівів за один дослід встановлюємо 600 після чого лічильник автоматично вимикає висівний апарат.

Врахувавши попередньо проведені дослідження обираємо вхідні показниками (фактори), що мають найбільший вплив на критерій оптимізації висівного апарата точність висіву. В таблиці 1 наведено основні фактори та рівні їх варіювання. Концентрацію насіння [3–5] в зоні забірної камери підтримуватимемо в межах 0,25-0,65 1/мл.

Таблиця 1 – Значення факторів

Кодоване позначення	Фактори	Рівні варіювання			Інтервали варіювання
		1	0	-1	
x_1	Частота висівів, Гц	2	6	10	4
x_2	Концентрація, 1/шт	0,65	0,45	0,25	0,2
x_3	Тиск наддуву, МПа	0,033	0,03	0,027	0,003

В таблиці 2 наведено основні результати досліджень якісних показників роботи висівного апарата.

Таблиця 2 – Вплив основних факторів на якісні показники роботи КГПВА

№ досліду	Фактори			Показники оптимізації				
	Частота висівів, фв	Концентрація насіння, кн	Тиск надуву, Рнад	Точність висіву, %			Пропуски, %	Двійники, %
				Експер.	Теорет.	Відхил.		
	x_1	x_2	x_3	y_{1E}	y_{1T}	-	y_{2E}	y_{3E}
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	-1	-1	-1	84,66	85,7	1,04	14,8	4,6
2	-1	-1	0	87,72	87,1	-0,62	12,9	5,2
3	-1	-1	1	86,50	86,2	-0,30	13,5	3,5
4	-1	0	-1	97,39	97,3	-0,09	2,8	10,3
5	-1	0	0	100,38	100	-0,38	0	12,2
6	-1	0	1	99,09	99,5	0,41	0,3	9,67
7	-1	1	-1	88,50	87,9	-0,60	12,1	19,2
8	-1	1	0	91,43	92,4	0,97	7,9	21,7
9	-1	1	1	90,07	90,2	0,13	10,8	17,1
10	0	-1	-1	82,77	82,3	-0,47	17,3	4,1
11	0	-1	0	85,90	85,5	-0,40	14,5	4,8
12	0	-1	1	84,74	83,2	-1,54	16,7	3,5
13	0	0	-1	95,30	95,6	0,30	4,5	8,7
14	0	0	0	98,35	98,7	0,35	1,1	9,83
15	0	0	1	97,13	97,6	0,47	2,4	6,2
16	0	1	-1	86,21	85,4	-0,81	14,7	14,7
17	0	1	0	89,19	89,2	0,01	10,6	16,8
18	0	1	1	87,90	88,1	0,20	11,8	13,7
19	1	-1	-1	71,74	71,5	-0,24	28,8	1,6
20	1	-1	0	74,93	76,3	1,37	24,7	2,5
21	1	-1	1	73,83	74,83	1,00	25,2	1,2
22	1	0	-1	84,06	83,5	-0,56	16,5	5,1
23	1	0	0	87,17	86,5	-0,67	13,9	6,1
24	1	0	1	86,01	85,3	-0,71	14,8	3,7
25	1	1	-1	74,76	75,8	1,04	24,3	8,7
26	1	1	0	77,81	77,9	0,09	22,7	10,7
27	1	1	1	76,57	76,2	-0,37	23,8	7,2

Використавши математичний пакет Statistika-6.0 проведено обробку даних результатів досліджень багатфакторного експерименту та отримано регресійні рівняння визначення точності висіву τ_e висівного апарата в залежності від трьох значимих експлуатаційно-технологічних факторів.

Рівняння регресії точності висіву y в кодованому вигляді:

$$y = 98,153 - 6,5816 \cdot x_1 + 1,6928 \cdot x_2 + 0,8961 \cdot x_3 - 0,3525 \cdot x_1 \cdot x_2 + 0,04417 \cdot x_1 \cdot x_3 + 0,05583 \cdot x_2 \cdot x_3 - 4,2817 \cdot x_1^2 - 10,6817 \cdot x_2^2 - 2,2816 \cdot x_3^2, \quad (1)$$

де x_1, x_2, x_3 – фактори у кодованому вигляді.

Рівняння регресії в розкодованому вигляді:

$$\tau_e = -195,85 + 1,653 \cdot f_e + 248,65 \cdot k_n + 15445,85 \cdot P_{над} - 0,4406 \cdot f_e \cdot k_n + 3,68 \cdot f_e \cdot P_{над} + 93,05 \cdot k_n \cdot P_{над} - 0,26 \cdot f_e^2 - 267,04 \cdot k_n^2 - 253518,5 \cdot P_{над}^2, \quad (2)$$

Перевірку відтворюваності досліду перевіряли за критерієм Кохрена [6] для достовірної імовірності експерименту $p = 0,95$:

$$G_p = \frac{S_{i\max}^2}{\sum_{i=1}^n S_i^2} \leq G_{таб}(q, f_y, f_n), \quad (3)$$

де S_i^2 – дисперсія досліду;

$S_{i\max}^2$ – найбільша за числовим значення дисперсія одного з дослідів.

$$S_i^2 = \frac{\sum_{j=1}^n (y_{ij} - \bar{y}_i)^2}{n-1}, \quad (4)$$

де y_{ij} – значення вихідної величини отримане експериментальним шляхом в j -му повторюванні i -го досліду ($j=1\dots n, i=1\dots N$);

N – кількість дослідів;

n – кількість повторень досліду;

\bar{y}_i – середнє значення вихідної величини в i -му досліді;

$G_{таб}(q, f_y, f_n)$ – табличне значення критерію Кохрена;

q – рівень достовірності приймаємо $q=0,05$;

f_y – кількості незалежних значень дисперсії ($f_y=N$);

$f_n = n-1$ – числа свободи кожного значення.

Згідно довідкової літератури [6] табличне значення критерія Кохрена для нашого випадку відсутнє, провівши лінійну інтерполяцію отримали $G_{таб}(0, 05, 27, 2)=0,2167$

За результатами проведених розрахунків при трикратній повторюваності досліду $G_p = 0,098 < G(0,05, 27, 2) = 0,2167$ умова виконується, отже ми можемо стверджувати про однорідність отриманих дисперсій проведеного експерименту і можливість відтворення досліду.

Отримавши дисперсію досліду проведемо оцінку адекватності математичної моделі за критерієм Фішера [6], для цього необхідно отримати розрахункове значення даного критерію F_p та порівняти його з табличним $F_{таб}$.

$$F_p = \frac{S_{ад}^2}{S_i^2} \leq F_{таб}, \quad (5)$$

де $S_{ад}^2$ – дисперсія адекватності математичної моделі;

$$S_{ad}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_{ij} - \bar{y}_{im})^2}{N - k}, \quad (6)$$

де y_{ij} – значення вихідної величини отримане за регресійним рівнянням;
 k – кількість коефіцієнтів математичної моделі.

Провівши розрахунки можна стверджувати про адекватність математичної моделі, так як умова адекватності виконується $F_p = 1,09 \leq F_{таб} = 3,19$.

За допомогою програми Statistika-6.0 отримуємо графічні залежності точності висіву від конструктивно-технологічних параметрів висівного апарата та їх значення для отримання максимального значення точності висіву рис. 3-4.

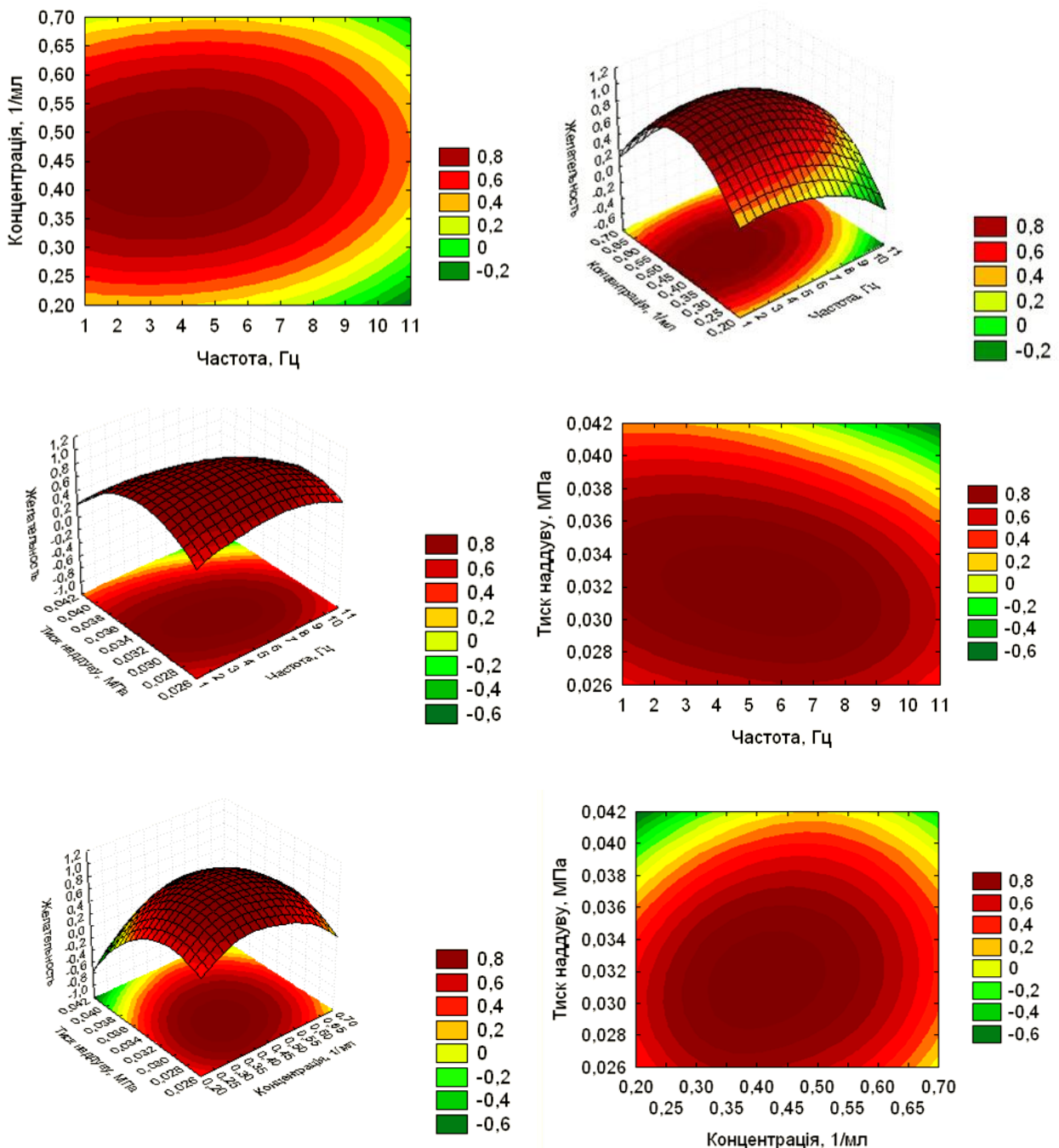


Рис. 3 – Поверхні та контури бажаності факторів

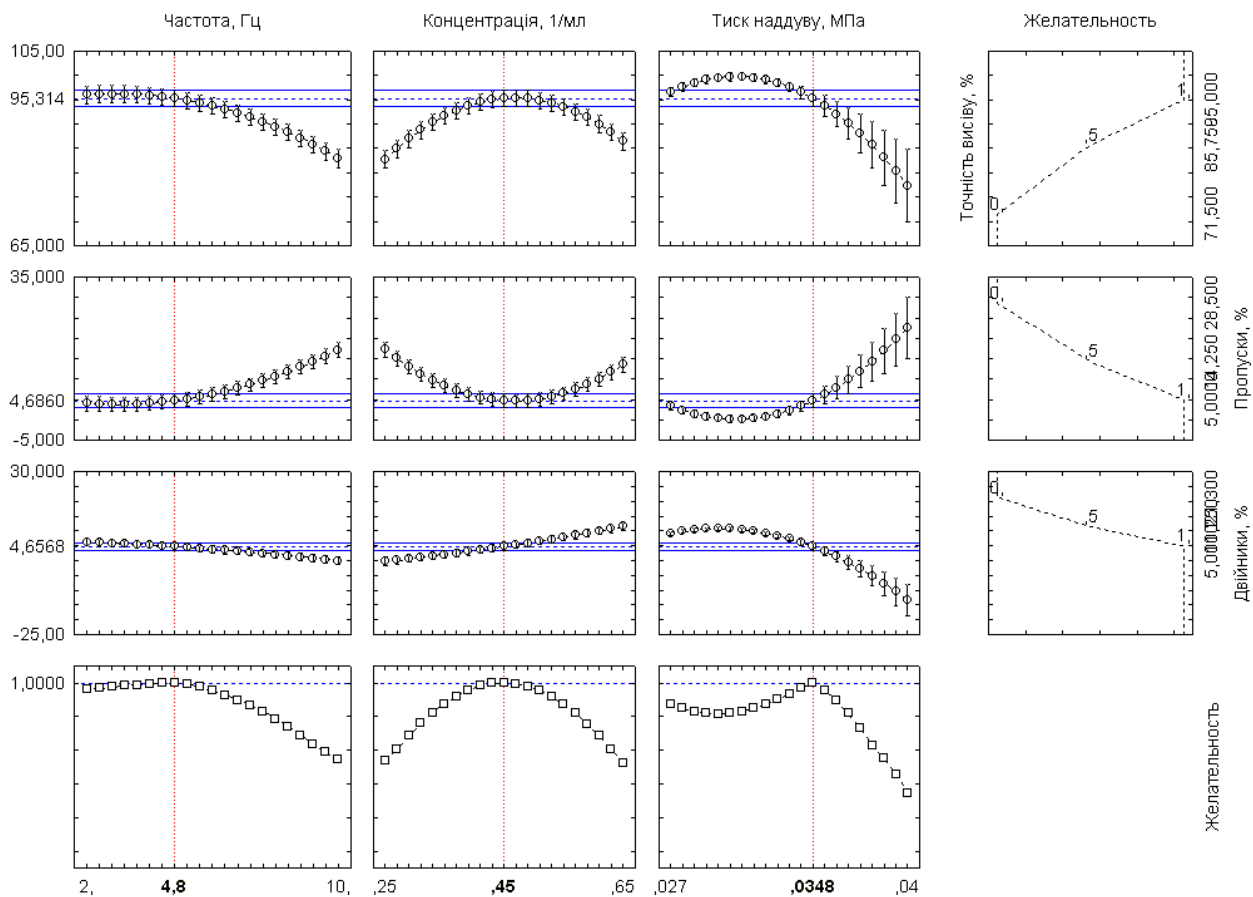


Рис. 4 – Функції бажаності факторів за максимальної точності висіву

Висновки. Розроблена дослідна установка дозволяє виконати дослідження висівних апаратів координатного точного висіву на різних режимах роботи. Отримана математична модель адекватно описує залежність точності висіву від конструктивно-технологічних параметрів роботи висівного апарата. Математичний пакет Statistika-6.0 дозволяє визначитися з бажаними значеннями факторів для отримання максимальної точності висіву.

Список використаних джерел

1. Спосіб координатного гідропневматичного висіву насіння та пристрій для його реалізації. Патент України UA № 90998 A01C7/04. Бюл. № 12, 2010.
2. Гідросівалка для висіву пророщеного насіння. Патент України № 58353 A01C7/16. Бюл. № 7. 2011.
3. Бойко В.Б. Експериментальне визначення рівномірності висіву насіння гідросівалкою / Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. - Вінниця: ВНАУ. – Вип. 11. Т. 1(65). – 2012. - С. 89-94.
4. Бойко В.Б. Процес утворення пульпи в координатному гідропневматичному висівному апараті / Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – «Механізація сільськогосподарського виробництва». – Х., 2014. – Вип. 148 - С. 48-55.

5. Нечаєв В.П. Теорія планування експерименту: Навч. посібник / В.П. Нечаєв, Т.М. Берідзе, В.В. Кононенко – К.: Кондор, 2005. – 232 с.
6. Пилипчук М.І. Основи наукових досліджень: Підручник / М.І. Пилипчук, А.С. Григор'єв, В.В. Шостак. – К.: Знання, 2007. – 270 с.

Аннотация

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ВЫСЕВА СЕМЯН ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР КООРДИНАТНЫМ ГИДРО-ПНЕВМАТИЧЕСКИМ ВЫСЕВАЮЩИМ АППАРАТОМ

Бойко В. Б.

Разработана методика и проведены лабораторные исследования процесса высева семян овощных культур координатным гидро-пневматическим высевающим аппаратом. Используя полученные значения результатов исследований построена математическая модель точности высева. Получены графические зависимости точности высева семян в заданные координаты от конструктивно-технологических параметров высевающего аппарата.

Abstract

A STUDY OF PRECISION PLANTING OF VEGETABLE SEEDS COORDINATE HYDRO-PNEUMATIC SOWING MACHINE

V. Boyko

Developed methodology and conducted laboratory studies of the process of sowing vegetable seeds jig hydro-pneumatic sowing machine. Using the obtained values of the research results, a mathematical model accuracy. The graphic dependences of precision seeding to the specified coordinates from the constructive-technological parameters of the sowing unit.

УДК 631.348

СТЕНД ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗПИЛЮЮЧИХ ПРИСТРОЇВ МАШИН ДЛЯ ВНЕСЕННЯ АГРОХІМІКАТІВ

**Кобець О. М., к.т.н., доц., Пугач А. М., д-р наук з держ. упр., проф.,
Кузьменко О. Ф., асист.**

Дніпровський державний аграрно-економічний університет

В роботі пропонується конструкція лабораторного стенду для випробувань розпилювачів, в основу якого закладено принцип «рухомого поля». Конструкція та принцип роботи стенду дозволяють проводити не тільки гідравлічні дослідження розпилюючих пристроїв, а і технологічні, завдяки наявності рухомої площини, яка імітує відносний рух технічного засобу при виконанні процесу внесення робочої рідини.

Актуальність проблеми. Вітчизняний і світовий досвід показує, що застосування техніки для захисту рослин забезпечує 50-70% приросту урожаю. Підвищення продуктивності цієї техніки і економія препаратів, які мають високу вартість, дозволяють не лише збільшити валовий збір сільськогосподарської продукції, але і значно зменшити витрати і забруднення довкілля.

Основним методом внесення засобів захисту рослин (ЗЗР) є, і прогнозується на перспективу, наземне обприскування. Сьогодні за цим методом вноситься близько 75% усіх ЗЗР. Метод обприскування є складним технологічним процесом. Його розвиток ґрунтувався на успіхах фундаментальних наук – механіки і фізики утворення і осадження рідинних полідисперсних систем з різною мірою диспергування.

Технологія, заснована на традиційному гідравлічному диспергуванні робочої рідини, і сьогодні продовжує удосконалюватися з метою підвищення ефективності і точності нанесення розчину на цільовий об'єкт, зниження непродуктивних втрат пестицидів в довкіллі.

Незважаючи на тривале і широке застосування обприскувачів в практиці світового сільського господарства відомості про фактичну якість диспергування ними робочих рідин уривчасті, часто суперечливі і недостовірні. Причини положення, що створилося, не стільки в різноманітності конструкцій розпилювачів і їх недостатньо високому технічному рівні, скільки в тому, що існуючі стандарти не орієнтують дослідника на визначення показників якості розпилення при взаємодії на розчини, що диспергуються, багатьох некерованих чинників (турбулентна дифузія, коливання вологості, температури та ін.) У зв'язку з цим стає усе більш актуальною задача паспортизації і стандартизації існуючих розпилюючих пристроїв по ряду параметрів, які регламентуються в агротехнічних вимогах. Лабораторно-стендовій атестації необхідно піддавати не лише типові конструкції, але і партії розпилювачів при роботі на тих препаратах, вносити які передбачається саме цими розпилювачами.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Ключовим елементом техніки для обприскування є розпилювач, від якості роботи (розпилення) якого в значній мірі залежить економічна і біологічна ефективність використання ЗЗР, їх екологічна безпека. Найбільш поширеними типами розпилювачів є гідравлічні – щілинні, відцентрові, дефлекторні.

Усі типи гідравлічних розпилювачів не забезпечують диспергування робочих рідин на краплі оптимальної величини: в спектрі розпилення завжди є різні класи крапель, які відрізняються по діаметру, масі і об'єму, що міститься в краплях рідини – від дрібних і дуже дрібних до великих і дуже великих. Внаслідок цього при обприскуванні завжди мають місце непродуктивні втрати пестицидів із-за зносу дуже дрібних крапель (20-80 мкм) і стікання дуже великих (360-1000 мкм) з цільового об'єкту на ґрунт. Тільки краплі розмірами 80-360 мкм працюють раціонально.

Фізика і природа втрат пестицидів відомі – випаровування і знесення крапель рідини вітром за межі робочої зони обприскування, неякісний їх розподіл на цільовій поверхні, і недостатнє утримання робочого розчину на об'єктах. За розрахунками [1] при розпиленні ЗЗР з однієї краплі діаметром 1 мм

утворюється 125 крапель діаметром 200 мкм, або 1000 крапель діаметром 100 мкм, або 8000 крапель діаметром 50 мкм. Щільність покриття краплями із класу, наприклад, 250-100 мкм, може варіювати (теоретично) в межах від 2038 до 12738 шт. на 1 см² [1]. Зрозуміло, що такого ідеально рівномірного покриття в практиці не буває, але чим більше крапель попадає в ціль, тим менше необхідно робочого розчину, і в цій практичній істині полягають токсикологічний сенс захисту рослин і екологічна раціональність технологій внесення усіх засобів захисту рослин.

У самому факелі розпилення робочої рідини (на виході з розпилювача) утворюються краплі в дуже широкому діапазоні розмірів: від 10 мкм до 1-2 мм. Для економічно і екологічно раціонального використання пестицидів бажано, щоб в спектрі розпилення утворювались краплі діаметром 80-360 мкм. Проте нині у світі не існує конструкцій гідравлічних розпилювачів, які давали б 100% крапель таких розмірів, і розпилювачів з абсолютно монодисперсним розпилюванням, наприклад, діаметр 200 мкм. Обприскувачі за якістю виконання операцій і через 100 років залишились тими ж – з краплями, що змінюють свої розміри від 10 мкм до 2 мм і навіть більше, і в цьому – корінь усіх проблем застосування пестицидів.

Основними вимогами, що ставляться до розпилювачів є забезпечення необхідної витрати робочої рідини при заданому тиску, дисперсності розпилення, довговічності та надійності роботи.

Виробники сучасних розпилюючих пристроїв все більше уваги приділяють поряд з підвищенням якості розпилення збільшенню ресурсу розпилювача та його надійності в роботі, у відповідності до чого дослідження динаміки зміни показників роботи розпилювача є достатньо важливою задачею.

Вимоги до строку служби розпилювача міжнародними стандартами не встановлені. Це дає змогу виготовляти розпилювачі з різних матеріалів. Традиційними матеріалами з яких виготовляють робочу частину розпилювача є латунь, нержавіюча сталь, кераміка. В останні роки цей перелік поповнився сучасними полімерними матеріалами, які по зносостійкості не поступаються нержавіючій сталі але більш технологічні та дешевші. Так, за даними [1] відносна зносостійкість полімерних матеріалів для розпилювачів складає 38 ум. од., обробленої нержавіючої сталі – 77 ум. од., кераміки – 300 ум. од. При цьому зносостійкість латуні прийнято за базову. Дослідження розпилювачів, які виготовлені із кераміки та сучасних полімерних матеріалів [2], свідчать про те, що наробіток для розпилюючих пристроїв із кераміки становить більше 22 тис. га, а цей же показник при тих же умовах для полімеру – 11 тис. га. При цьому керамічні розпилювачі фірми Lechler були дорожчі в 1,5 рази в порівнянні з полімерними розпилювачами тієї ж фірми. Ці показники свідчать про значну зносостійкість кераміки при використанні її для виготовлення розпилювачів і можливість їх роботи із заданими параметрами протягом тривалого часу.

Результати досліджень закономірностей впливу зношення розпилювачів з різних матеріалів (латунь, нержавіюча сталь та полімер) на дисперсність та гідравлічні характеристики [3] свідчать про переваги розпилювачів, які виготовлені із полімеру в порівнянні з нержавіючою сталлю і особливо з латунню.

При цьому ґрунтовні дослідження впливу зношення розпилювачів на якісні показники їх роботи в літературних джерелах відсутні.

Мета роботи. Розробка конструкції лабораторного стенду для досліджень якісних показників роботи розпилювачів, в основу дії якого закладено принцип «рухомого поля».

Виклад основного матеріалу. Вирішальне значення при внесенні агрохімікатів є рівномірність розпилення по оброблюваній площі. У відповідності до задекларованих виробником параметрів, нові розпилювачі забезпечують рівномірний розподіл препарату з коефіцієнтом варіації 6-8% при правильному перекритті факелу розпилу. При наробітку 100...120 год спостерігається інтенсивне зношування робочого отвору розпилювача, що призводить до збільшення коефіцієнту варіації до 35...40%, і як наслідок, підвищується нерівномірність внесення препарату.

Наведені дані свідчать про те, що при використанні розпилювачів особливе значення необхідно приділяти контролю відповідності паспортних та фактичних параметрів цього робочого органу. Провести таку перевірку на самому обприскувачі в польових умовах фактично неможливо, тому є необхідність в створенні спеціалізованого лабораторного обладнання, на якому можливе виконання перевірки розпилювачів по основним параметрам та визначення його залишкового ресурсу.

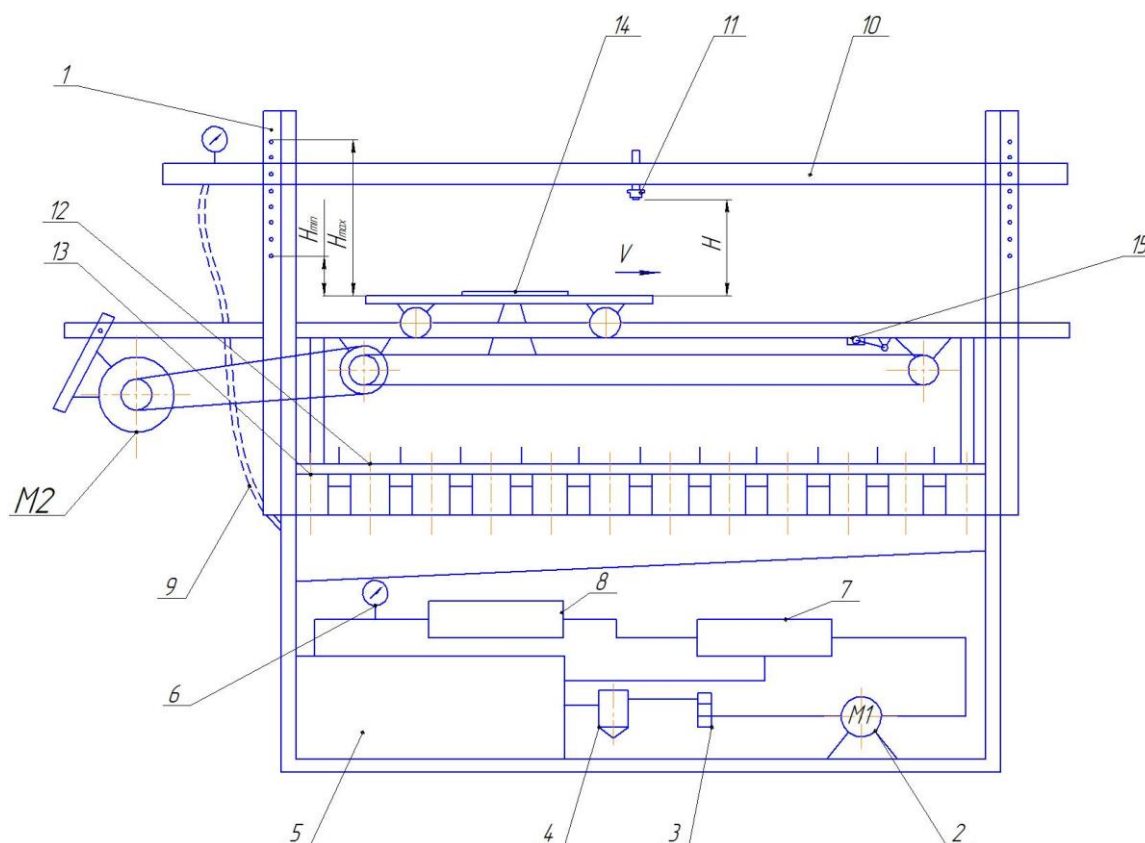


Рис. 1 – Конструктивна схема стенду для дослідження розпилюючих пристроїв:

1 – рама стенду; 2 – електродвигун; 3 – насос; 4 – фільтр; 5 – бак; 6 – манометр; 7 – регулятор тиску; 8 – пульт керування; 9 – трубопровід; 10 – штанга; 11 – розпилювач; 12 – стілка-класифікатор; 13 – мензурки; 14 – рухома площа з водочутливим папером; 15 – вимикач кінцевий.

Запропонований стенд складається з рами 1 (рис. 1), на якій встановлюється штанга 10 із закріпленими на ній розпилювачами 11. Для подачі рідини до розпилювачів стенд обладнується баком 5, насосом 3 та електродвигуном 2, який приводить в дію насос. З метою можливості зміни робочого тиску рідини стенд обладнується регулятором 7 та пультом керування 8. До складу стенду входять також рухома площина з водочутливим папером 14, механізм приводу цієї площини та кінцевий вимикач 15. В нижній частині рухомої площини встановлюється стіл-класифакатор 12 та мензурки 13, для збирання рідини.

Стенд для дослідження розпилюючих пристроїв працює наступним чином. Електродвигун 2 передає крутний момент на насос 3, який, відбираючи рідину з бака 5, подає її через регулятор тиску 7 та пульт керування 8 по комунікації 9 до штанги 10. При цьому тиск рідини може бути змінено регулятором та проконтрольовано за допомогою манометра 6. На штанзі встановлюється розпилювач 11, який досліджується на відповідній висоті H відносно рухомої площини з водочутливим папером 14. Після початку роботи розпилювача вмикається механізм приводу рухомої площини і водочутливий папір рухається відносно розпилювача із заданою швидкістю V . Зупинка рухомої площини 14 забезпечується завдяки наявності кінцевого вимикача 15.

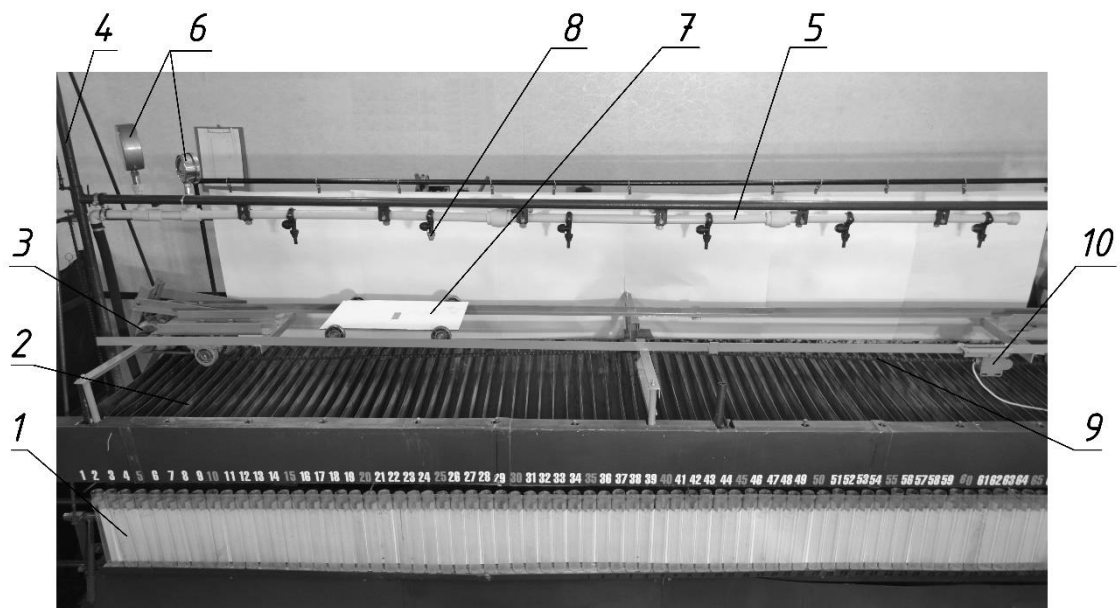


Рис. 2 – Загальний вид гідравлічного стенду:

1 – мензурки; 2 – жолоб; 3 – двигун; 4 – стійка; 5 – трубопровід; 6 – манометри; 7 – рухома площина з водочутливим папером; 8 – розпилювач; 9 – привідний ланцюг; 10 – вимикач кінцевий.

Лабораторний стенд для дослідження розпилюючих пристроїв (рис. 2) відповідає існуючим нормативним вимогам [4], про що свідчать проведені випробування обладнання та попередні експериментальні дослідження. При цьому конструкція та принцип роботи стенду дозволяють проводити не тільки

гідравлічні дослідження розпилюючих пристроїв, а і технологічні, завдяки наявності рухомої площини, яка імітує відносний рух технічного засобу при виконанні процесу внесення робочої рідини.

Висновок. Запропонована конструкція та принцип роботи стенду для дослідження розпилюючих пристроїв машин для внесення агрохімікатів розширює можливості та універсальність лабораторного обладнання, яке може бути використане при проведенні наукових досліджень.

Список використаних джерел

1. Ревякин Е.Л. Машины для химической защиты растений в инновационных технологиях / Е. Ревякин, Н. Краховецкий - науч. аналит. обзор. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2010. – 124 с.
2. Посібник. Машины для хімічного захисту рослин/ За ред. Кравчука В.І., Войтюка Д.Г. – Дослідницьке: УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. – 2010. – 184 с.
3. Teejet: Catalog 50-RU – США : Спреинг Системс Ко., 2007. – 193 с.
4. Обладнання для захисту рослин. Обприскувачі. Частина 1. Методи випробовування насадок для розприскування (ISO 5682-1:1996, IDT): ДСТУ ISO 5682-1:2005. – [Чинний від 2007-10-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2007. – 13 с. – (Національний стандарт України).

Аннотація

СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ РАСПЫЛЯЮЩИХ УСТРОЙСТВ МАШИН ДЛЯ ВНЕСЕНИЯ АГРОХИМИКАТОВ

Кобец А. Н., Пугач А. Н., Кузьменко А. Ф.

В работе предлагается конструкция лабораторного стенда для испытаний распылителей, в основу которого заложен принцип «движущегося поля». Конструкция и принцип работы стенда позволяют проводить не только гидравлические исследования распыляющих устройств, а и технологические, благодаря наличию подвижной плоскости, которая имитирует относительное движение технического средства при выполнении процесса внесения рабочей жидкости.

Abstract

STAND FOR RESEARCH SPRAY DEVICES OF MACHINES FOR THE USE OF AGROCHEMICALS.

O. Kobets, A. Pugach, O. Kuzmenko

The article proposes the construction of a laboratory stand for spray test, based on the principle of "moving field". The design and operation of the stand allow to carry out not only hydraulic investigations of spray devices, but also technological ones, due to the presence of a movable plane that simulates the relative movement of the technical means while performing the process of introducing the working fluid.

ВПЛИВ КРИВИЗНИ РЕШЕТА НА ЕФЕКТИВНІСТЬ СОРТУВАННЯ НАСІННЯ СОЇ

Бакум М. В., к.т.н., проф., Козій О. Б., к.т.н., доц., Крекот М. М., к.т.н., доц.,
Винокуров М. О., ст. викл., Вотченко О. С., доц., Басов О. І., інж.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства
імені Петра Василенка*

Наведені результати експериментальних досліджень впливу основних параметрів роботи решітних сепараторів на ефективність сортування насіння сої на прямолінійних і криволінійних решетах. Підтверджено зростання просівання проходової фракції на криволінійному решеті в 1,88 рази.

Постановка задачі. Посушливе літо 2017 р. створило несприятливі умови для росту і формуванню урожаю пізніх культур. Однією з таких культур є соя. Її урожайність в цьому році була в декілька разів меншою традиційної урожайності для своїх регіонів. Крім того, отримане насіння суттєво відрізнялось як за виповненістю, так і за розмірами та біологічним потенціалом. Тому для використання урожаю цього року в якості посівного матеріалу отримане після очищення насіння необхідно додатково сортувати з метою відокремлення в посівну фракцію найбільш виповненого з високим біологічним потенціалом насіння.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Основну частину існуючих технологічних ліній для підготовки посівного матеріалу зернових культур, і сої в тому числі, складають повітряно-решітні машини з тихохідними коливними решітними станами [1-5]. Основним недоліком таких машин є низька чіткість розділення компонентів насінневих сумішей. Сутність такого недоліку полягає, по-перше, у великій продуктивності сепараторів, що зумовлює рух по решетах вихідного матеріалу товстим шаром з недостатнім перемішуванням, що затрудняє проникнення часток проходової фракції не лише через отвори решета, а навіть через шар до його поверхні. Крім того, на кожне решето решітних станів надходить матеріал, який відрізняється як за розмірами та формою компонентів, так і за гранулометричним складом. Конструкція відомих решітних станів як вітчизняного, так і зарубіжного виробництва спроможна забезпечити лише однаковий кінематичний режим роботи усіх решіт решітного стану. Тому в реальних умовах оптимальний режим роботи в існуючих зерноочисних машинах встановлюється здебільшого лише для одного решета.

Відмінний режим роботи кожного решета можна досягти, наприклад, за рахунок використання решіт різної кривизни [6-10].

Запропоноване рішення можна реалізувати у існуючих зерноочисних машинах, якщо в конструкціях їх решітних станів передбачити пристрій для зміни кривизни решета.

Мета роботи. Дослідження інтенсифікації процесу сортування насіння сої за рахунок використання криволінійних решіт.

Результати досліджень. Дослідження виконані на модернізованій повітряно-решітній насіннеочисній машині СМ-0,15, в решітному стані якої встановлювалось одне решето з круглими отворами діаметром 3,0 мм шириною 240 мм. Для вивчення впливу кривизни решета на якість сортування насіння сої решітне полотно закріплювали на спрямовувальних рамках різної кривизни, спрямованої до нижньої сторони, що забезпечує отримання вгнутої поверхні решета.

Параметрами управління процесом сортування насіння на машині були величина подачі вихідного матеріалу на решето та частота його коливань.

Вихідним матеріалом для досліджень було насіння сої сорту Максос урожаю 2017 р. після попереднього очищення від легких домішок на пневматичному сепараторі в умовах дослідного поля «Центральне» ХНТУСГ ім. Петра Василенка.

Результати дослідження впливу величини подачі вихідного матеріалу на якість сортування насіння сої наведені на рис. 1. Величина подачі на решето лабораторної установки шириною 240 мм змінювалась від 10 до 65 кг/год, що еквівалентно подачі на решето серійних зерноочисних машин в межах 350 кг/год. Дослідження виконувались при частоті коливань решітного стану 350 кол/хв як на плоскому решеті, так і на криволінійному радіусом $R_3=7,10$ м.

Аналіз отриманих результатів свідчить про суттєвий вплив величини подачі на якість сортування насіння сої як на прямолінійному, так і на криволінійному решеті. Причому, слід зазначити, що характер зміни залежностей, які характеризують якість сортування насіння: величина прохідної фракції (П) та основної – відсортованої, що переміщується сходом з решета (W), однаковий. Разом з тим, найбільше просівання дрібного насіння сої на прямолінійному решеті отримали при величині подачі 20 кг/год, а на криволінійному – 30 кг/год. На обох видах решіт, при малих подачах, величина прохідної фракції дещо менша за максимальну.

Це пояснюється несприятливими умовами просівання, як на початку решета в зоні завантаження, особливо для прямолінійного решета, так і на кінцевих ділянках, на яких швидкість руху насіння перевищує критичну з умови просівання через круглі отвори. На криволінійних решетах їх вгнута поверхня сприяє інтенсифікації процесу в зоні завантаження (на початку решета) та зменшує швидкість руху насіння на кінцевих ділянках, що забезпечує більш сприятливі умови для просівання часток прохідної фракції по всій довжині решета. Подальше збільшення подачі вихідного матеріалу (більше оптимальної) призводить до збільшення товщини шару матеріалу на решеті, погіршення умов проходження часток прохідної фракції до поверхні решета (сегрегації шару) і як наслідок, зменшення величини прохідної фракції. Причому, слід зазначити, що на прямолінійному решеті зменшення величини прохідної фракції відбувається більш інтенсивно. Збільшення величини подачі на прямолінійне решето з 20 до 65 кг/год призвело до зменшення величини прохідної фракції з 13,68% до 5,31%, тобто в 2,58 рази. На криволінійному решеті збільшення подачі вихідного матеріалу, 330 до 61 кг/год зумовило зменшення величини прохідної фракції з 24,63% від маси вихідного матеріалу, до 19,24%, тобто лише в 1,25 рази.

В цілому слід визначити, що при всіх досліджуваних значеннях величини подачі вихідного матеріалу величина прохідної фракції криволінійного решета суттєво перевищує величину проходу прямолінійного решета. Так, при подачах до 30 кг/год величина прохідної фракції криволінійного решета більша в 1,98... 1,88 рази, а при подачах від 45 до 65 кг/год – більша в 2,78...3,62 рази від проходу прямолінійного решета.

Дослідження впливу частоти коливань решета на якість сортування насіння сої проводили при подачі вихідного матеріалу рівній 30 кг/год як на криволінійне, так і прямолінійне решето. Результати досліджень наведені на рис. 2.

Як видно з графіків частота коливань суттєво впливає на якість сортування як прямолінійного, так і криволінійного решета. Слід зазначити, що не лише характер впливу, а і оптимальне значення для обох видів решіт однакове і дорівнює 350 кол/хв. При малих значеннях частоти коливань величина прохідної фракції менша за рахунок недостатньої сегрегації шару матеріалу, що рухається по решетові. Особливо це помітно на прямолінійному решетові, у якого величина прохідної фракції зменшується з 13,13% від маси вихідного матеріалу, при частоті коливань рівній 350 кол/хв до 6,80% при частоті 300 кол/хв, що становить 1,93 рази. На криволінійному решеті $R_3=7,10$ м, при аналогічному зменшенні частоти коливань величина прохідної фракції зменшується з 24,63%, від маси вихідного матеріалу, до 22,36%, що становить лише 9,22%.

Збільшення частини коливань решітного стану машини за 350 кол/хв погіршує умови просівання прохідної фракції на обох видах решіт, через погіршення умов просівання часток прохідної фракції через отвори решета. Особливо це очевидно на прямолінійному решеті, на якому величина прохідної фракції зменшується з 13,13%, від маси вихідного матеріалу, до 4,9%, що становить 2,68 рази, при збільшенні частоти коливань з 350 до 400 кол/хв. На криволінійному решеті таке збільшення частоти коливань решета призводить до зменшення величини прохідної фракції з 24,63%, від маси вихідного матеріалу, до 21,16%, що становить лише 14,09%. Так як при підвищених частотах коливань збільшується продуктивність сепараторів, то при не дуже високих вимогах до якості сортування, продуктивність криволінійних решіт є можливість підвищувати за рахунок збільшення частоти їх поливань.

Для дослідження впливу кривизни решета на якість сортування насіння сої використовували змінні спрямовуючі рамок, які забезпечували кривизну решета $R_1=21,257$ м і максимальну величину прогину в центральній його частині $h_{max}=5$ мм; $R_2=10,635$ м і $h_{max}=10$ мм; $R_3=7,10$ м і $h_{max}=15$ мм; $R_4=4,275$ м і $h_{max}=25$ мм. Дослідження проводили при частоті коливань 350 кол/хв і величині подачі вихідного матеріалу 30 кг/год на решето шириною 240 мм і довжиною 560 мм. Результати дослідження впливу кривизни решета на якість сортування насіння сої на решетах з круглими отворами діаметром 3,0 мм наведені на рисунках 3 і 4. Як видно з графіків кривизна решета суттєво впливає на якість сортування.

Перш за все слід зазначити, що кожна, із досліджуваних, кривизна вгнутого решета сприяла збільшенню величини прохідної фракції, тобто

покращенню якості сортування насіння сої в порівнянні з прямолінійним решетом. Оптимальною кривизною решета для сортування насіння сої є $R_3=7,10$ м з величиною максимального прогину в його середній частині рівній $h_{max}=15$ мм. Величина прохідної фракції, яку складало дрібне насіння сої, становила 24,63% від маси вихідного матеріалу. При зменшенні кривизни решета величина прохідної фракції зменшувалася. Збільшення кривизни решета з величиною прогину більшою 15 мм теж зменшує величину прохідної фракції за рахунок додаткового збільшення швидкості руху насіння на початку решета та нагромадження матеріалу в другій його половині через утруднення зсипання з решета. На рис. 4 наведені криві розподілу величини прохідної фракції по довжині прямолінійного 3 та криволінійного 1 решета, а також відповідний розподіл зростаючим підсумком – криві 4 і 2. Як видно з графіків, величина прохідної фракції, практично на всіх ділянках криволінійного решета, перевищує відповідну величину отриману на прямолінійному решеті. Це показує, що криволінійне решето на всіх його відрізках більш ефективно сортує насіння.

Результати порівняльних випробувань сортування насіння сої на коливних решетах з круглими отворами діаметром 3,0 мм наведені в табл 1.

Таблиця 1 – Результати порівняльних випробувань сортування насіння сої на коливних решетах з круглими отворами 3,0 мм

Довжина.решета, мм	95	190	275	370	465	560	Разом	маса 1000 насінин, г
	Фракції проходу решета							
На плоскому решеті								
Вихідна суміш, кг %							105,186 100,0	79,64
Сходова фракція, кг %							91,376 86,87	83,44
Проходова фракція, кг %	3,050 2,90	3,839 3,65	3,618 3,44	2,167 2,06	0,876 0,72	0,261 0,34	13,811 13,13	54,50
Маса 1000 насінин, г	45,90	52,04	56,66	63,10	63,74	63,90	54,50	
На криволінійному решеті радіусом R_3								
Вихід на суміш, кг %							114,169 100	79,64
Сходова фракція, кг %							86,021 75,35	86,65
Проходова фракція, кг %	5,065 4,44	8,734 7,65	8,589 7,52	4,259 3,73	1,222 1,07	0,279 0,24	28,148 24,65	58,20
Маса 1000 насінин сої, г	47,50	56,96	61,98	62,98	65,40	71,24		

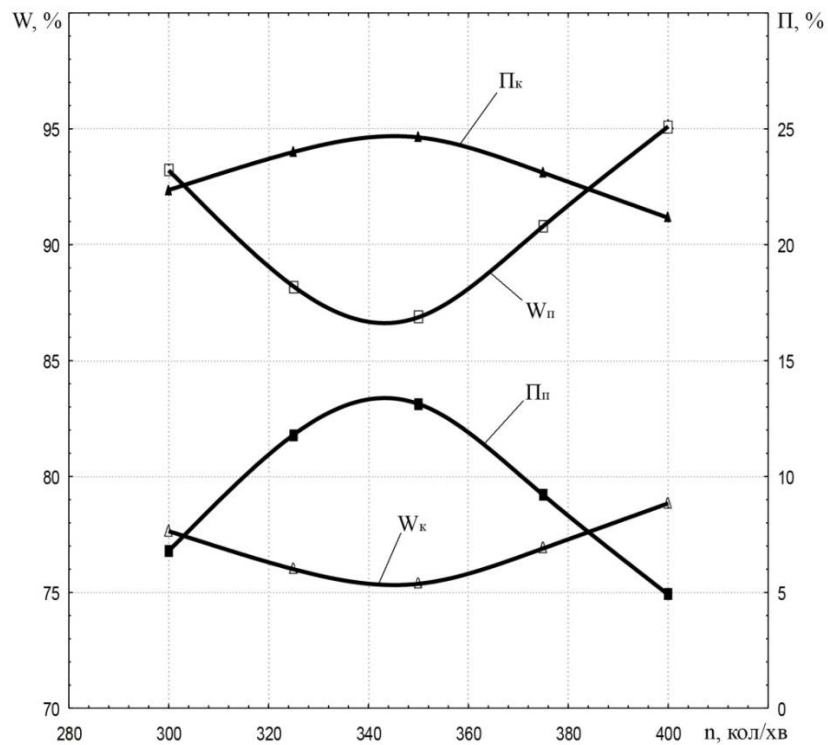


Рис. 1 – Вплив подачі на сортування насіння сої на решетах з круглими отворами $\varnothing 3,0$ мм, при $n=350$ об/хв: $W_k, W_{п}$ – величина сходової фракції криволінійного та прямолінійного решета, $\Pi_k, \Pi_{п}$ – величина прохідної фракції криволінійного та прямолінійного решета

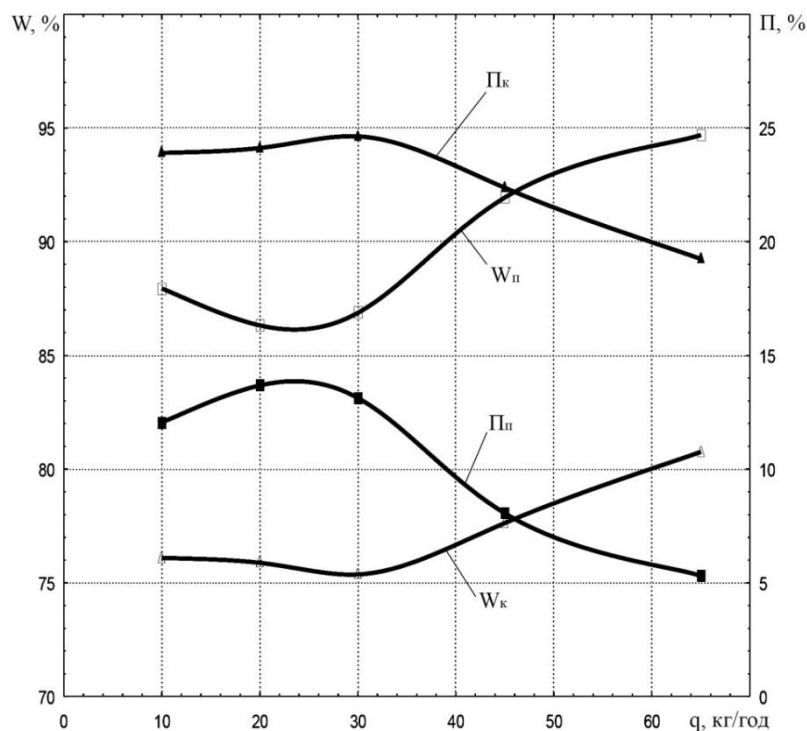


Рис. 2 – Вплив частоти коливань решета з круглими отворами $\varnothing 3,0$ мм на якість сортування насіння сої при $q=30$ кг/год: $W_k, W_{п}$ – величина сходової фракції криволінійного та прямолінійного решета $\Pi_k, \Pi_{п}$ – величина прохідної фракції криволінійного та прямолінійного решета

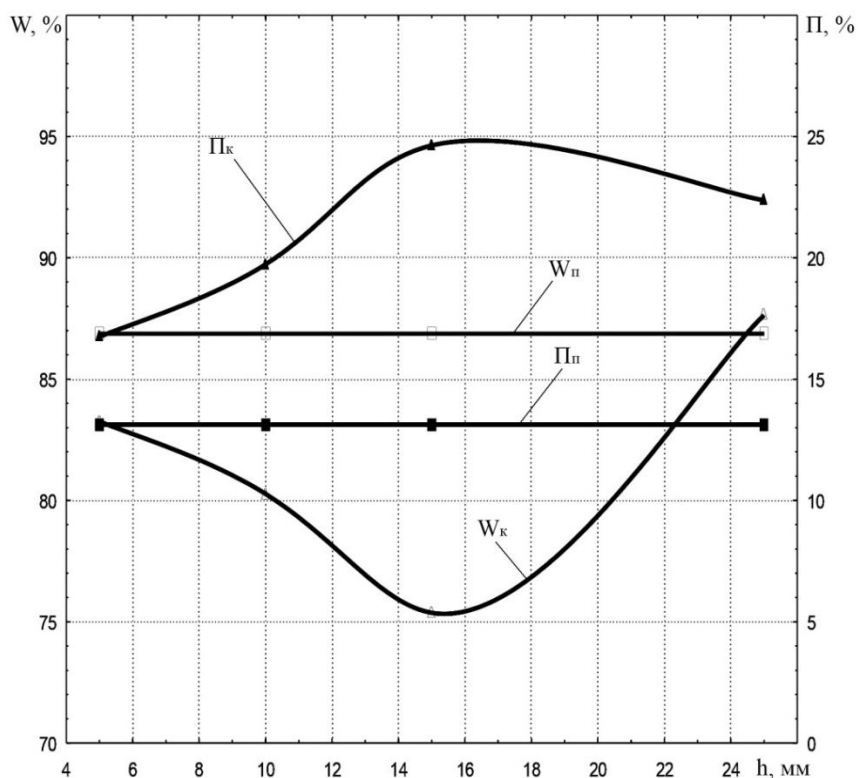


Рис. 3 – Вплив кривизни решета на сортування насіння сої на решетах з круглими отворами $\varnothing = 3,0$ мм при $n=350$ кол/хв, $q=36$ кг/год: W_k, W_p – величина сходової фракції криволінійного та прямолінійного решета, Π_k, Π_p – величина прохідної фракції криволінійного та прямолінійного решета

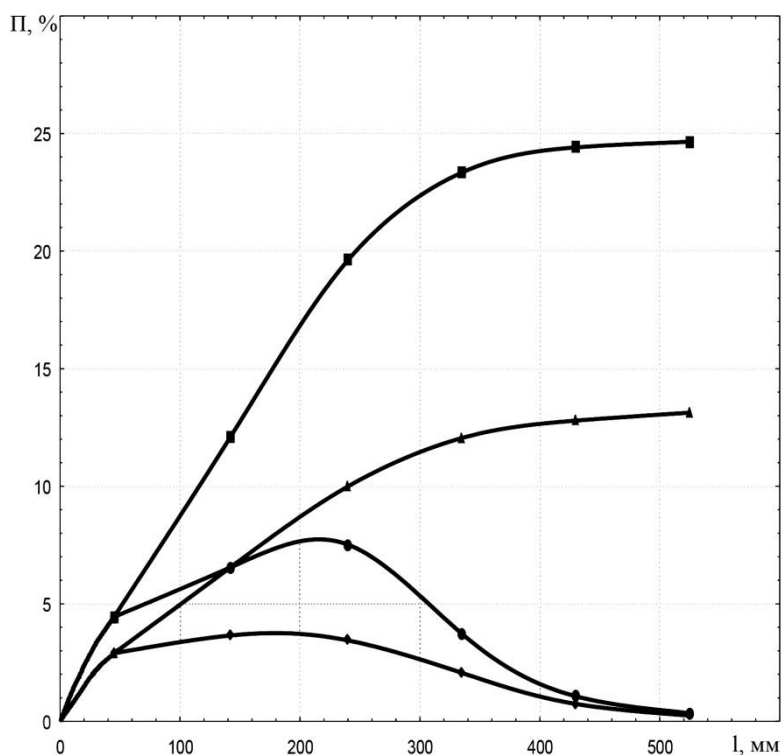


Рис. 4 – Просівання прохідної фракції по довжині решета з круглими отворами діаметром 3,0 мм при $n=350$ кол/хв і $q=30$ кг/год: 1-2 – на криволінійному решеті $R=10,635$ м, 3-4 – на прямолінійному решеті

Сортування проводилось на модифікованій повітряно-решетній насіннеочисній машині СМ-0,15 в решетному стані якої встановлювалось одно решето: прямолінійне, або криволінійне $R=7,1$ м з максимальною величиною прогину його в середній частині рівною $h=15$ мм. Частота коливань решітного стану становила 350 кол/хв, а величина подачі вихідного матеріалу – 30 кг/год. Як видно з таблиці, за один пропуск через машину з прямолінійним решетом, у сходову фракцію виділилося 86,87% насіння, від маси вихідного матеріалу. Маса 1000 насінин сходової фракції становила 83,44 г, що на 3,80 г більша від насіння вихідного матеріалу. При цьому у проходову фракцію виділилося дрібніше насіння сої, маса 1000 штук якого становила лише 54,50 г.

За аналогічного режиму роботи машини, та сама насіннева суміш сої, сортувалась на криволінійному решеті. За один пропуск в проходову фракцію виділилося дрібного насіння сої 24,65% від маси вихідного матеріалу, що на 11,52% більше проходової фракції прямолінійного решета. Маса 1000 насінин проходової фракції теж на 3,70 г більша і становила 58,20 г. Це забезпечило формування більш повноцінної сходової фракції, з масою 1000 насінин 86,65 г, що на 3,21 г більша відсортованого на прямолінійному решеті і на 7,01 г більша вихідного матеріалу сої.

Висновки. Експериментальними дослідженнями встановлені оптимальні режими роботи насіннеочисної машини з традиційними прямолінійними і експериментальними криволінійними решетами для сортування насіння сої: частота коливань решітного стану 350 кол/хв; подача на решето шириною 240 мм насінневого матеріалу 20... 30 кг/год; радіус кривизни решета $R=7,1$ м з максимальною величиною прогину в центральній його частині $h=15$ мм на довжині 560 мм.

На всіх криволінійних решетах, які досліджувались, отримали збільшення проходової фракції, що підтверджує інтенсифікацію процесу сортування. При оптимальній кривизні решета величина проходової фракції збільшилась в 1,88 рази в порівнянні з величиною проходової фракції прямолінійного решета.

Список використаних джерел

1. Интенсификация сепарирования зерна. – Харьков: Основа, 2004.-224 с.
2. Заїка П.М. Динаміка вібраційних машин. Машинобудування. 1977.-278 с.
3. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. Том 3, розділ 7. Очистка сортування насіння. – Х.: Око: 2006.-408 с.
4. Гортинський В.В., Демський А.Б., Борискін М.А. Процеси сепарування зерна на перероблювальних підприємствах. – М.: Колос, 1980. – 304 с.
5. Кожуховский И.Е. Зерноочисні машини. М.: Машинобудування, 1974. – 200 с.
6. Кленин Н.И., Сакун В.Ф. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины. М.: Колос, 1994. – 751 с.
7. Патент України 41458, Бакум М.В., Леонов В.П., Бобро Н.Г. та ін. Віброрешітний сепаратор. В07В 1/40 U 200814237; заявл. 1012.2008; Опубл. 25.05.2009, № 10. – 5 с.

8. Патент України 14783, Бакум М.В., Леонов В.П., Горбатовский О.М. та ін. Решітний стан. А01D 34/00 U 200512897; заявл. 30.05.2005; Опубл. 15.05.2006, № 5. – 3 с.
9. Патент 27642 України. Вібраційна насіннеочисна машина / Бакум М.В., Путінцев А.А., Берюков І.А., Лук'яненко О.В. А01F 12/44 U 200707081; заявл. 25.06.2007; Опубл. 12.11.2007, №18. – 5 с.
10. Бакум М.В., Харченко С.О., Крекот М.М. та ін. Вплив кривизни решета на ефективність розділення насінневої суміші ріпаку / М.В. Бакум, С.О. Харченко, М.М. Крекот, М.О. Винокуров, О.В. Синаєва, О.С. Вотченко, А.С. Павленко // Механізація сільськогосподарського виробництва: Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка. – Харків: ХНТУСГ ім. П.Василенка, 2017. – Вип. 180. – с. 5-12.

Аннотация

ВЛИЯНИЕ КРИВИЗНЫ РЕШЕТА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ СОТИРОВАНИЯ СЕМЯН СОИ

Бакум Н. В., Козій А. Б., Крекот Н. Н., Винокуров Н. А.,
Вотченко А. С., Басов А. И.

Приведены результаты экспериментальных исследований влияния основных параметров работы решетных сепараторов на эффективность сортирования семян сои на прямолинейных и криволинейных решетках. Подтверждено увеличение просеивания проходовой фракции на криволинейном решете в 1,88 раза.

Abstract

INFLUENCE OF THE RESTRAIN CURVE ON THE EFFICIENCY OF SORTING OF SOI SEEDS

N. Bakum, A. Koziy, N. Krekot, N. Vinokurov, A. Votshenko, A. Basov

The results of experimental studies of the influence of the main parameters of the operation of screen separators on the efficiency of sorting soybean seeds on rectilinear and curvilinear sieves are presented. The increase in sifting of the passing fraction on the curved sieve is confirmed by 1.88 times.

ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ РОБОЧОЇ ПОВЕРХНІ КОПАЧА КОРЕНЕПЛОДІВ

Сокол С. П., к.т.н., доц.

Дніпровський державний аграрно-економічний університет

Запропонована модель робочої поверхні викопувального робочого органу, що дозволяє виконати її побудову за заданим законом розподілення твірних

Постановка задачі. Робочий орган для викопування коренеплодів є одним з основних вузлів коренезбиральних машин. Від його конструктивних і кінематичних параметрів, відповідно до ґрунтово-кліматичних умов, суттєво залежать якість збирання коренеплодів та характеристики коренезбиральної машини в цілому. У зв'язку з цим проблеми зниження витрат на виконання технологічного процесу під час збирання врожаю коренеплодів, підвищення якості викопування, універсальності та надійності робочих органів є актуальними на сучасному етапі розвитку та використання сільськогосподарської техніки.

Аналіз досліджень. Проектуючи криволінійні поверхні удосконаленого робочого органу для викопування коренеплодів, що має форму U-подібної викопувальної скоби найкраще використовувати лінійчаті поверхні, такі, які утворюються рухом у просторі прямої лінії [1]. Серед лінійчатих поверхонь важливе місце займають розгортні поверхні, тобто ж поверхні, що розгортаються на площину без складок та розтягувань [2]. Такі поверхні мають певні диференціально-параметричні характеристики:

- гаусова кривизна розгортної поверхні дорівнює нулю;
- вектор нормалі до поверхні при русі вдовж твірної не змінює свого положення.

В результаті таких характеристик розгортні поверхні значно менше при виготовленні піддаються жолобленню і мають менший тяговий опір [3], так як скиба ґрунту на такій поверхні піддається деформації простого згину.

Мета досліджень. Розробити геометричну модель робочої поверхні копача коренеплодів, що дозволяє вести проектування у великому діапазоні параметрів стосовно до конкретних умов роботи і характеристик ґрунтів.

Результати досліджень. Основними параметрами поверхні викопувального робочого органу типу скоба [4], є направляючі криві m і n . Відповідно до рисунку (1, а) передній обріз напівповерхні визначається кривою між точками A_1 і C_1 , а задній обріз поверхні точками B_1 і D_1 . Аналогічно, точками A_2 і C_2 передній обріз та B_2 D_2 задній обріз другої напівповерхні [5]. Координати точок A_1, B_1, C_1 і A_2, B_2, C_2 визначаються шириною леміша скоби d , шириною робочого органу по денній поверхні поля b , та кутом встановлення леміша до горизонту α . Розглянемо утворення в поперечно-вертикальній

проекції направляючої кривої m в площині Oyz . Направляюча крива повинна забезпечувати виштовхування коренеплоду на денну поверхню поля. Таке виштовхування забезпечується силою, що направлена по нормалі N_i , яка проведена до направляючої m в точці E_i (рис. 1, а). Напрямок нормалі N_i забезпечується положенням дотичної t_i в точці E_i кутом β_i до осі Oz . По мірі переміщення точки E вздовж направляючої від точки A_1 до точки C_1 , напрямок нормалі N повинен забезпечувати зниження виштовхувальної сили.

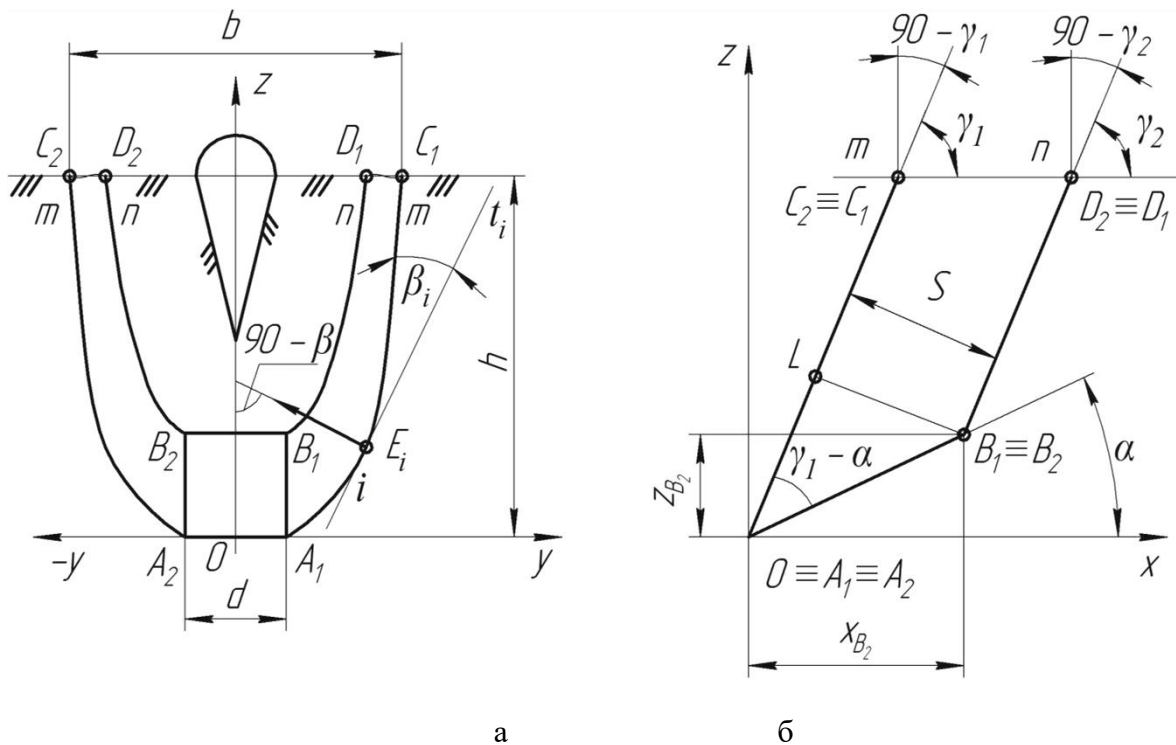


Рис. 1 – Схема утворення поверхні робочого органу для викопування коренеплодів:
а – в поперечно-вертикальній площині; б – в поздовжньо-вертикальній площині

Таке зниження забезпечується зменшенням кута β , тому що відповідно до рисунку (1, а):

$$(Oz, \hat{N}) = 90^\circ - \beta.$$

У зв'язку з тим що тангенс кута β дорівнює похідній функції $y_1 = F_1(z_1)$ по координаті z :

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{dy}{dz} = \frac{dF_1(z_1)}{dz_1},$$

прийемо зменшення кута β пропорційно координаті y і прийдемо до диференційного рівняння зміни кута нахилу дотичної:

$$\frac{dy}{dz_1} = -k_1 y_1. \quad (1)$$

Розділивши змінні і провівши інтегрування рівняння (1) отримаємо:

$$\ln y_1 = -k_1 z_1 + C,$$

або в кінцевому результаті:

$$y_1 = C \cdot e^{-k_1 z_1}, \quad (2)$$

де k_1 – коефіцієнт, що визначає швидкість зміни кривини направляючої

Для того щоб забезпечити проходження направляючої через точку A_1 і асимптотичне наближення до вертикальної кривої у точки C_1 , запишемо вираз (2) в наступному вигляді, виражаючи постійну інтегрування через координати точок A_1 і C_1 :

$$y_1 = y_{A_1} + y_{C_1} \left(1 - e^{-k_1 z_1}\right), \quad (3)$$

де y_{A_1} і y_{C_1} – відповідно координати точок A_1 і C_1 .

Так як $y_{A_1} = 0,5d$, $y_{C_1} = 0,5b$ то вираз (3) прийме вигляд:

$$y_1 = 0,5 \left[d + b \left(1 - e^{-k_1 z_1}\right) \right].$$

Коефіцієнт зміни кривини направляючої k_1 визначимо наступним чином. Із точки A_1 проведемо дотичну t_0 під кутом μ який дорівнює половині кута при вершині коренеплоду, до осі Oy . Дотична t_0 буде відсікати на прямій C_1 відрізок T_1 (рис. 2, а). Відповідно до [6] можна записати:

$$k_1 = \frac{1}{T_1}.$$

В свою чергу, положення дотичної t_0 до осі Oz в точці A_1 визначається кутом, $\beta_A = \beta_o = 90^\circ - \mu$, тому можна записати:

$$T_1 = (y_{C_1} - y_{A_1}) \cdot \operatorname{tg}(\mu) = 0,5(b - d) \cdot \operatorname{tg} \mu,$$

де μ – кут між початковою дотичною t_0 і віссю Oy .

Тоді коефіцієнт зміни кривини напрямної кривої m буде дорівнювати:

$$k_1 = \frac{2}{(b - d) \operatorname{tg} \mu}.$$

В результаті рівняння направляючої можна записати в наступному вигляді:

$$y_1 = 0,5 \left\{ d + b \left[1 - e^{-\frac{2z_1}{(b-d) \operatorname{tg} \mu}} \right] \right\}.$$

В поздовжньо-вертикальній площині Oxz направляюча крива m буде

зображена у вигляді прямої лінії, що проходить через початок координат (рис. 1, б):

$$x_1 = k_{11} \cdot z_1,$$

де k_{11} – тангенс кута нахилу проекції твірної до осі Oz ,

$$k_{11} = \operatorname{tg}(90^\circ - \gamma_1).$$

Так як $\gamma_{11} = 90^\circ - \gamma_1$, то

$$x_1 = z_1 \operatorname{ctg} \gamma_1 + 0,5d. \quad (4)$$

При розпушуванні ґрунту виникають напрямки ковзання по яким поширюються тріщини. Основне розпушення ґрунту відбувається під дією леміша, тому потрібно забезпечити розпушення в сторону поверхні поля інакше не розпушений ґрунт буде перешкоджати виштовхуванню коренеплодів на денну поверхню поля. Тому кут γ_1 вибираємо із умови, коли один із напрямків ковзання H_1 і H_2 направлений по поверхні поля [7].

З цією метою розглянемо дію сил в точці C_1 (рис. 2, б). В точці C_1 діє повна реакція R , яка відхиляється від нормалі N_c на кут зовнішнього тертя φ_1 . Відносно повної реакції R на кут $\pm \frac{\varphi_2}{2}$, де φ_2 – кут внутрішнього тертя, поширюються напрямки ковзання H_1 і H_2 [7, 8]. Розпушення ґрунту на поверхні поля буде тоді, коли напрям ковзання H_2 буде співпадати з поверхнею поля [9].

У цьому випадку отримаємо значення кута γ_1 :

$$\gamma_1 = 90^\circ - \varphi_1 \pm \frac{\varphi_2}{2}.$$

Таким чином остаточно рівняння (4) буде мати вигляд:

$$x_1 = \operatorname{ctg} \left(\varphi_1 + \frac{\varphi_2}{2} \right) z_1.$$

Рівняння напрямної кривої n у поперечно-вертикальній площини Ouz знайдемо із тих же міркувань, що і для напрямної m .

Для визначення коефіцієнта зміни кривини k_{12} визначимо довжину відрізка T_2 :

$$T_2 = 0,5(b_1 - d) \operatorname{tg} \mu_2, \quad (5)$$

де b_1 – відстань між точками D_1 і D_2 (рис. 2, а), мм;

μ_2 – кут нахилу дотичної до направляючої кривої n у початковій точці (рис. 2, а), град.

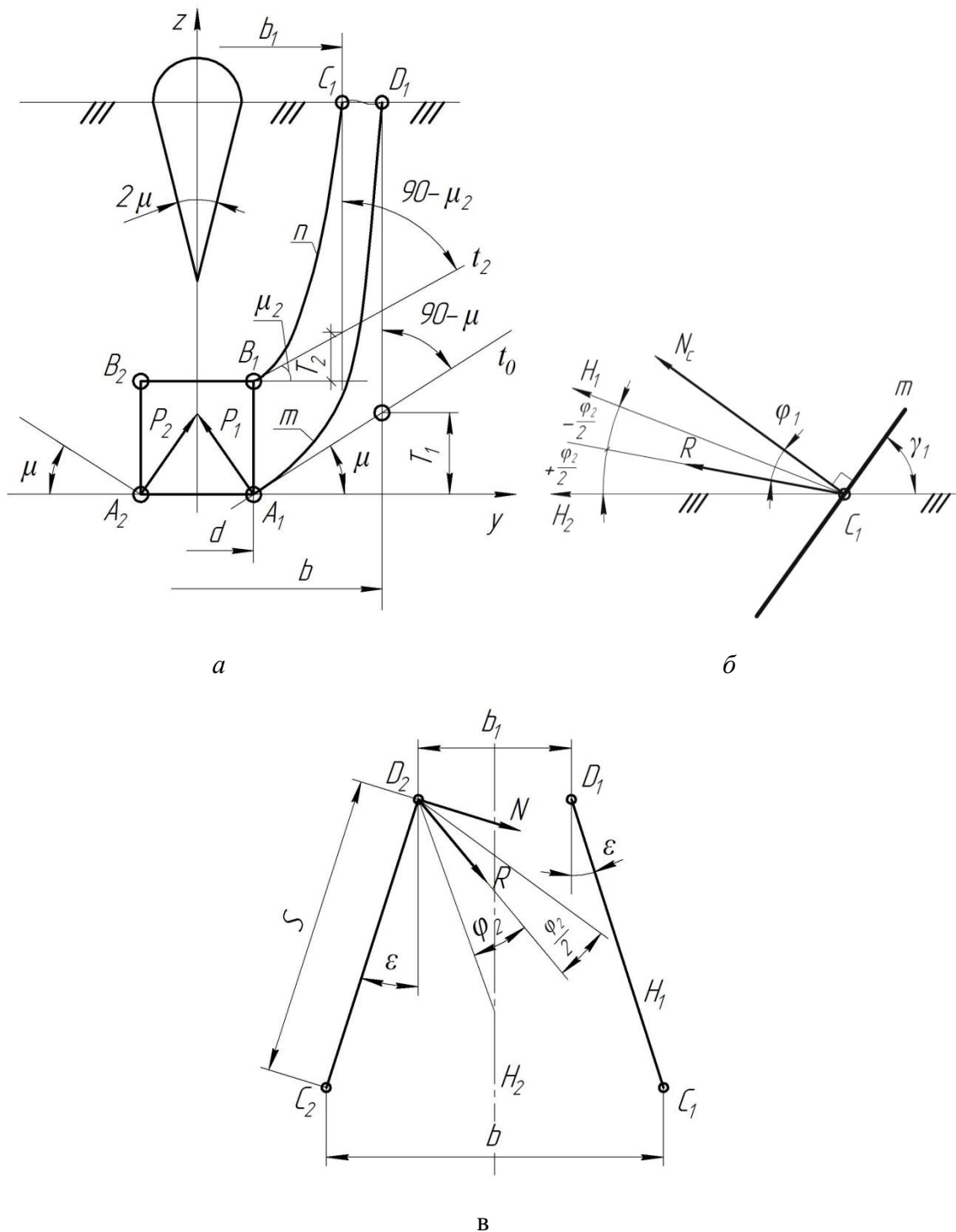


Рис. 2 – Схема до обґрунтування параметрів направляючих: *a* – в поперечно-вертикальній площині; *б* – в поздовжньо-вертикальній площині; *в* – в плані

Відстань між точками D_1 і D_2 визначимо із тих міркувань, що на поверхні поля ґрунт повинен розпушуватись. У цьому випадку у відповідності з рисунком 2, ϵ значення кута розхилу бокових поверхонь робочого органу повинно бути менше значення кута внутрішнього тертя, тобто:

$$\epsilon \leq \frac{\varphi_2}{2}.$$

Тоді напрям ковзання H_1 буде проходити між точками D_1 і C_1 .

У цьому випадку відстань між точками D_1 і D_2 буде дорівнювати:

$$b_1 = b - 2 \cdot s \cdot \cos \varepsilon, \quad (6)$$

де s – ширина бокової поверхні робочого органу, мм.

Враховуючі вирази (5) і (6) запишемо рівняння для направляючої кривої n у поперечно-вертикальній площині:

$$y_2 = 0,5 \left\{ d + (b - 2 \cdot s \cdot \cos \varepsilon) \left[1 - e^{-\frac{2z_2}{(b-2 \cdot s \cdot \cos \varepsilon) \operatorname{tg} \mu_2}} \right] \right\}.$$

Рівняння направляючої n в поздовжньо-вертикальній площині Ox запишемо як рівняння прямої, яка проходить через точку B_1 :

$$x_2 - x_{B_2} = k_{22} (z_2 - z_{B_2}), \quad (7)$$

де x_{B_2}, z_{B_2} – координати точки B_2 ;

k_{22} – тангенс кута нахилу проекції напрямної кривої n до осі Oz ,

$$k_{22} = \operatorname{tg}(90^\circ - \gamma_2) = \operatorname{ctg} \gamma_2.$$

Із трикутника OLB_2 (рис. 1, б) маємо:

$$OB_2 = \frac{s}{\sin(\gamma_1 - \alpha)},$$

де α – кут нахилу проекції твірної n до осі Ox , град.

Тоді значення координати x точки B_2 буде мати вигляд:

$$x_{B_2} = \frac{s \cdot \cos \alpha}{\sin(\gamma_1 - \alpha)}. \quad (8)$$

У свою чергу координата z точки B_2 буде визначатись таким чином:

$$z_{B_2} = \frac{s \cdot \sin \alpha}{\sin(\gamma_1 - \alpha)}. \quad (9)$$

Таким чином, враховуючі вирази (8) і (9) рівняння (7) буде мати наступний вигляд:

$$x_2 = \operatorname{ctg} \gamma_2 \left[z_2 - \frac{s \cdot \sin \alpha}{\sin(\gamma_1 - \alpha)} \right] + \frac{s \cdot \cos \alpha}{\sin(\gamma_1 - \alpha)}. \quad (17)$$

В результаті можемо записати значення функцій, що входять в модель поверхні скоби викопуючого робочого органу типу «скоба»:

$$f_1(z_1): \quad x_1 = \operatorname{ctg} \left(\varphi + \frac{\varphi_2}{2} \right) z_1,$$

$$F_1(z_1): \quad y_1 = 0,5 \left[d + b \left(1 - e^{-\frac{2z_1}{(b-d)\text{ctg}\mu}} \right) \right],$$

$$f_2(z_2): \quad x_2 = \text{ctg}\gamma_2 \cdot \left(z - \frac{S \cdot \sin \alpha}{\sin(\gamma_1 - \alpha)} \right) + \frac{S \cdot \cos \alpha}{\sin(\gamma_1 - \alpha)},$$

$$F_2(z_2): \quad y_2 = 0,5 \left\{ d + (b - 2 \cdot \sin \varepsilon) \left[1 - e^{-\frac{2z_2}{(b_1-d)\text{ctg}\mu_2}} \right] \right\}.$$

Підставляючи вирази $x_1 = f_1(z_1)$, $y_1 = F_1(z_1)$, $x_2 = f_2(z_2)$, $y_2 = F_2(z_2)$ до рівнянь побудові шаблонів каркаса поверхні робочого органу, що буде утворюватися прямолінійними твірними [5] і отримаємо каркас поверхні для кожного конкретного випадку і умов роботи копача коренеплодів.

Список використаних джерел

1. Тищенко С.С. Обобщенная геометрическая модель адаптивной поверхности рабочего органа почвообрабатывающей машины / С.С. Тищенко, Б.А. Волик // Праці Таврійської державної агротехнічної академії. – Мелітополь, 2001. – Вип. 2. – С. 39–44.
2. Кривошапко С.Н. Торсовые поверхности и оболочки: Справочник. / С.Н. Кривошапко. – М.: Изд-во УДН, 1991. – 287 с.
3. Тищенко С.С. Изучение динамических характеристик отвальных рабочих органов почвообрабатывающих машин / С.С. Тищенко, В.А. Дубровін // Ekologiczne aspekty mechanizacji produkcji roslinney. – Warszawa, 2002. – s. 385–389.
4. Пат. № 49323 Україна, МПК А 01D 25/00. Викопувальний орган коренезбиральної машини / Кобець А.С., Сокол С.П., Науменко М.М., Кобець О.М., Волик Б.А., Пугач А.М.; Дніпропетровський ДАУ. – № u2009 11390; заявл. 09.11.2009; опубл. 26.04.2010, Бюл. № 8.
5. Сокол С. П. Геометрична модель робочої поверхні копача коренеплодів / С. П. Сокол // Вісник Харківського нац. техн. ун-ту с.г. ім. П.М. Василенка. – 2015. – Вип. 159. – С. 176–180.
6. Ключев А.С. Автоматическое регулирование /А.С. Ключев / – М.: Энергия. – 1979. – 392 с.
7. Бауков А.В. Использование методов механики сплошных сред при проектировании рыхлительных рабочих органов культиваторов / А.В. Бауков, А.С. Кушнарєв // Вопросы механизации сельского хозяйства. – Мелітополь. 1971. – Т. XVII. – с. 17–32.
8. Пигулевский М.Х. Технологические процессы в почве при ее обработке / М.Х. Пигулевский. – П.: 1916. – 220 с.
9. Панченко А.Н. Теория измельчения почв почвообрабатывающими орудиями / А.Н. Панченко. – Днепропетровск: ДГАУ, 1999. – 140 с.

Аннотация

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ РАБОЧЕЙ ПОВЕРХНОСТИ КОПАЧА КОРНЕПЛОДОВ

Сокол С. П.

Предложенная модель позволяет построение поверхности выкапывающего рабочего органа по заданным законам распределения образующих

Abstract

PARAMETERS SUBSTANTIATION OF THE WORKING SURFACE OF ROOT CROPS HARVESTER

S. Sokol

Offered model of the working surface of digging equipment that allows to execute its construction on the set law of formative distribution.

УДК 631.362

ВПЛИВ КРИВИЗНИ РЕШЕТА НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ОЧИЩЕННЯ НАСІННЯ ГОРОХУ ВІД ЙОГО ПОЛОВИНОК

**Бакум М. В., к.т.н., проф., Крекот М. М., к.т.н., доц.,
Михайлов А. Д., к.т.н., доц., Абдуєв М. М., к.т.н., доц., Циба М. В., асист.,
Басов О. І., інж.**

*Харківський національний технічний університет сільського господарства
імені Петра Василенка*

Наведені результати експериментальних досліджень впливу основних параметрів решітних сепараторів на ефективність очищення насіння гороху від його половинок. Підтверджено збільшення повноти розділення на криволінійному решеті на 20,94%.

Постановка задачі. При збиранні гороху від механічної дії робочих органів зернозбиральних комбайнів частина гороху розділюється на дві половинки. Їх кількість залежить як від технічного стану зернозбирального комбайна та параметрів його роботи, так і від сорту гороху та його стану.

Наявність половинок гороху знижує його товарність та тривалість зберігання. Так як половинки практично не мають схожості, то в посівному матеріалові високої якості їх теж не повинно бути. Тому однією із задач післязбиральної обробки насінневих сумішей гороху є відокремлення половинок гороху, які є цінним компонентом комбікормів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Половинки гороху відрізняються від цілого насіння за розмірами лише по товщині. Тому на

решітних сепараторах основними сепарувальними поверхнями для виконання такої задачі використовуються решета з прямокутними отворами. Так як ширина прямокутних отворів, на яких є можливість без втрат повноцінного насіння гороху відокремити його половинки, більш ніж у два рази менша ширини як насіння гороху, так і його половинок, то при безвідривному режимі руху матеріалу по решету (який практично забезпечується на всіх зерноочисних машинах з коливними решітними станами) їх відокремити не можливо [1-6]. Для досягнення позитивного результату товщину шару насінневої суміші на решетах збільшують, а для підвищення повноти розділення часто збільшують і кратність пропусків вихідного матеріалу через робочі органи зерноочисних машин.

Відомий також більш ефективний спосіб інтенсифікації процесу сепарації насінневих сумішей за рахунок використання криволінійних решіт [7-10]. Запропонований спосіб можна реалізувати існуючими зерноочисними машинами з тихохідними коливними решітними станами, якщо в конструкціях їх решітних станів змонтувати пристрій для зміни кривизни решіт.

Мета роботи. Дослідження процесу інтенсифікації відокремлення половинок гороху на коливних решетах за рахунок використання криволінійних решіт.

Результати досліджень. Дослідження виконані на модифікованій лабораторній насіннеочисній машині СМ-0,15, в решітному стані якої встановлювалось одне решето шириною 240 мм з прямокутними отворами шириною 3,2 мм. Решітне полотно закріплювалось на рамках, які мали верхню поверхню прямолінійну або криволінійну з кривизною спрямованою до низу, що забезпечувало вгнуту форму робочої поверхні.

Параметрами управління процесом сепарації насінневої суміші гороху на насіннеочисній машині були величина подачі вихідного матеріалу та частота коливань решітного стану, як і на всіх серійних зерноочисних машинах з коливними решітними станами.

Вихідним матеріалом для дослідження була насіннева суміш гороху сорту Аудит урожаю 2017 р. після попереднього очищення від легких домішок на пневматичному сепараторі в умовах дослідного поля «Центральне» ХНТУСГ ім. Петра Василенка.

Результати дослідження впливу величини подачі вихідного матеріалу на якість очищення насіння гороху від половинок наведені на рис. 1. Величину подачі вихідного матеріалу змінювали від 25 до 275 кг/год на решето лабораторної установки шириною 240 мм і довжиною 560 мм, що еквівалентно подачі на стандартне решето серійних зерноочисних машин в межах 100-1300 кг/год.

Як видно з графіків, величина подачі вихідного матеріалу суттєво впливає на якість сепарації, яку оцінювали по величині прохідової фракції П. Так, як ширина отворів решета вибрана із умови, що в прохід можуть просіятися лише половинки гороху, то збільшення прохідової фракції свідчить про більш повне відокремлення половинок – тобто більш якісне розділення вихідного матеріалу.

Слід зазначити, що характер впливу величини подачі вихідного матеріалу на якість розділення як на прямолінійному, так і на криволінійному решеті однаковий. При малих подачах якість розділення дещо нижча, через недостатню

кількість матеріалу на решеті для створення сприятливих умов просівання половинок гороху через отвори решета, адже вони можуть просіятися лише за умови, коли площина розлому горошини буде знаходитися в положенні перпендикулярному до поверхні решета або близькому до нього.

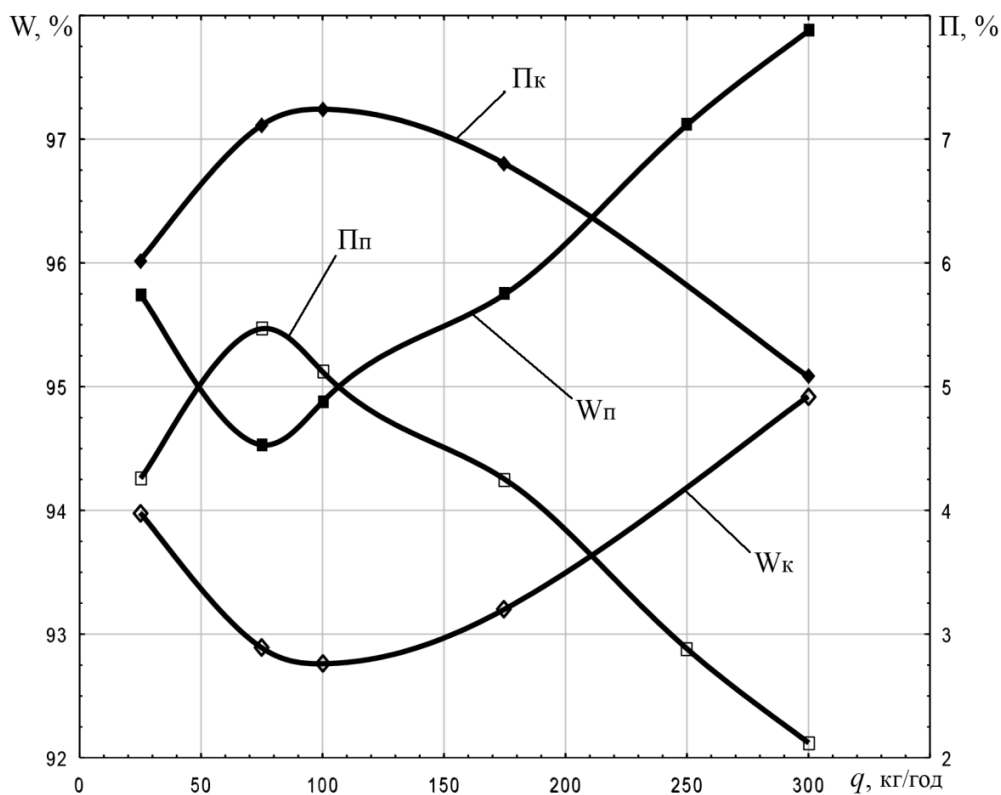


Рис.1 – Дослідження впливу величини подачі насінневої суміші гороху на якість сепарації на решеті з прямокутними отворами шириною 3,2 мм при $n=400$ кол/хв: $W_{\text{п}}$, $W_{\text{к}}$ – величина сходової фракції плоского і криволінійного решета R_3 ; $\text{П}_{\text{п}}$, $\text{П}_{\text{к}}$ – величина прохідової фракції плоского і криволінійного решета R_3

Оптимальна подача, при частоті коливань решітного стану 400 кол/хв, не співпадала для прямолінійного і криволінійного решета радіусом $R=7,10$ м з максимальною величиною прогину в центральній його частині рівній $h_{\text{max}}=15$ мм. Для прямолінійного вона дорівнювала 75 кг/год, при якій величина прохідової фракції була найбільшою і становила 5,47% від маси вихідного матеріалу. На криволінійному решеті найбільшу величину прохідової фракції 7,24%, від маси вихідного матеріалу, отримали при подачі рівній 160 кг/год.

При подальшому збільшенні величини подачі вихідного матеріалу якість розділення погіршується, що пояснюється збільшенням товщини шару насінневої суміші на решеті, який затрудняє проходження половинок до поверхні решета. Причому на прямолінійному решеті якість розділення знижується більш інтенсивно. Так, при збільшенні величини подачі на прямолінійне решето з 75 до 275 кг/год величина прохідової фракції зменшилася з 5,47 до 2,12% від маси вихідного матеріалу – у 2,58 рази. На криволінійному решеті аналогічне зростання подачі вихідного матеріалу призвело до зменшення величини прохідової фракції з 7,24 до 5,08%, від маси вихідного матеріалу, тобто лише в 1,43 рази.

Слід зазначити, що при всіх величинах подачі на криволінійному решеті величина прохідної фракції перевищувала відповідну прохідову фракцію прямолінійного решета, а при оптимальних подачах величина прохідної фракції криволінійного решета була більшою на 24,5%.

Результат дослідження впливу частоти коливань на якість сепарації насіння гороху на решеті з прямокутними отворами шириною 3,2 мм при подачі 100 кг/год наведені на рис. 2. Як видно з графіків, частота коливань суттєво впливає на якість сепарації як на прямолінійному, так і криволінійному решеті. Причому, оптимальною частиною коливань для обох решіт є 350 кол/хв. Прохідові фракції при цьому отримані різні за величиною, але на криволінійному решеті вона більша на 20,94% і становить 7,24%, від маси вихідного матеріалу. Зменшення частоти коливань призводить до зменшення швидкості руху матеріалу по решетові, і в підсумку, зменшення просівання прохідної фракції через зростання товщини шару насінневої суміші. Більш інтенсивно зменшується просівання на прямолінійному решеті. Так, зменшення частоти коливань з 350 до 250 кол/хв зменшує величину прохідної фракції прямолінійного решета з 6,12 до 4,15%, від маси вихідного матеріалу – тобто в 1,47 рази, а на криволінійному – з 7,74 до 6,28% – тобто лише в 1,24 рази.

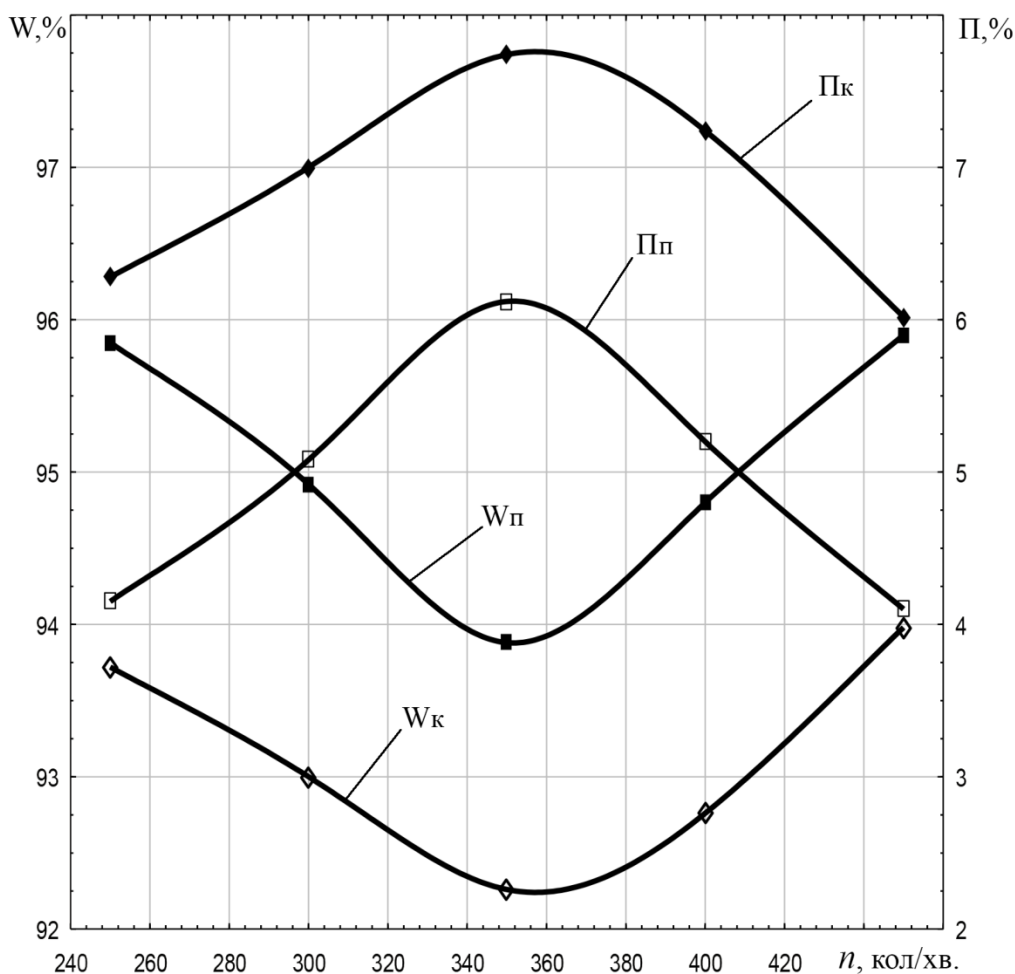


Рис. 2 – Дослідження впливу частоти коливань решітного стану на якість сепарації насінневої суміші гороху на решеті з прямокутними отворами шириною 3,2 мм, при $q=100$ кг/год: $W_{п}$ і $W_{к}$ – величина сходової фракції прямолінійного і криволінійного решета; $П_{п}$ і $П_{к}$ – величина прохідної фракції прямолінійного і криволінійного решета

Збільшення частоти коливань решітного стану вище 350 кол/хв призводить до зниження якості розділення насінневої суміші гороху на обох решетах внаслідок зростання швидкості її руху по решету. Причому, на прямолінійному решеті інтенсивність зниження якості розділення суміші перевищує зниження на криволінійному завдяки більшій швидкості руху суміші.

В цілому слід зазначити, що величина прохідної фракції криволінійного решета при всіх частотах коливань решітного стану суттєво перевищує величину прохідної фракції прямолінійного решета.

Результати дослідження впливу кривизни решета наведені на рис. 3. Для дослідження використовували змінні спрямовуючі рамки решета, які забезпечували кривизну решета $R_1=21,257$ м і максимальну величину прогину в центральній частині $h_1=5$ мм; $R_2=10,635$ м і $h_2=10$ мм; $R_3=7,10$ м і $h_3=15$ мм; $R_4=4,275$ м і $h_4=25$ мм. Дослідження проводили при частоті коливань решітного стану 350 кол/хв і подачі вихідного матеріалу 100 кг/год.

Як видно з графіків, при всіх величинах кривизни решета, які досліджувалися, якість розділення насінневої суміші гороху вища від прямолінійного решета.

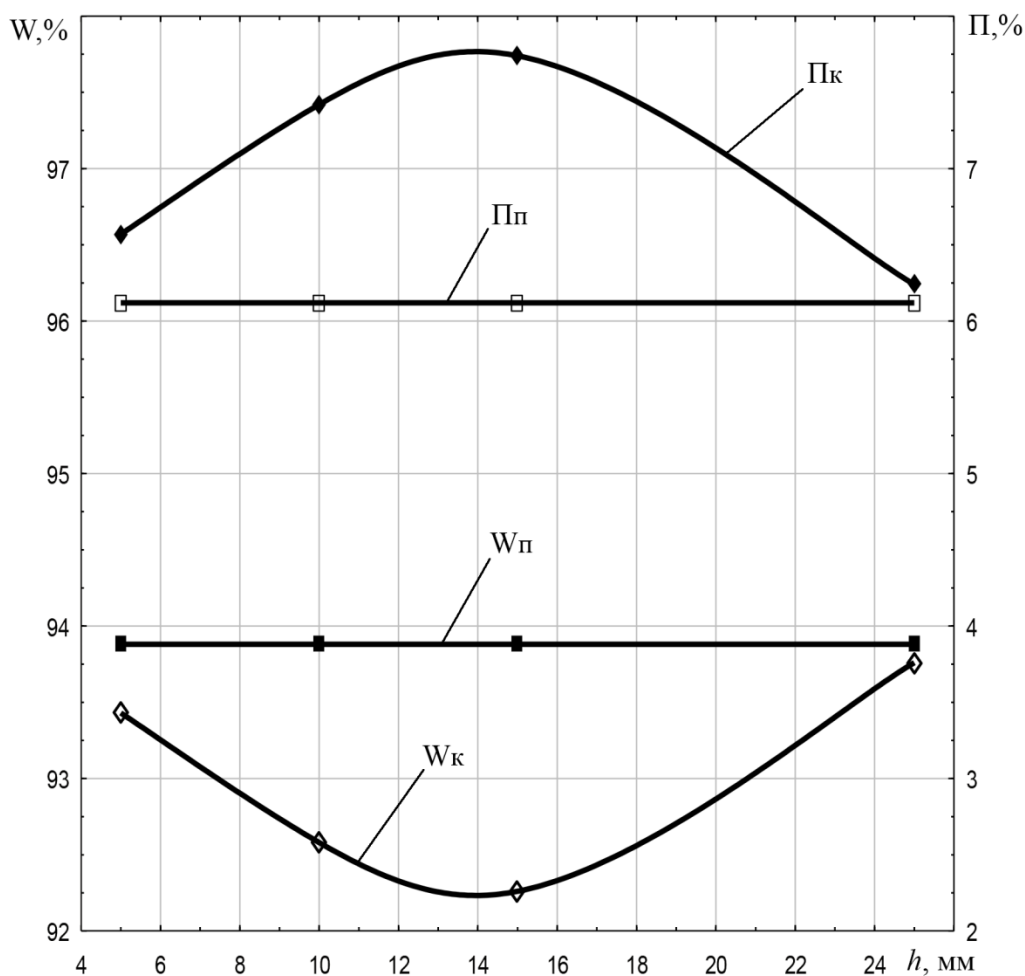


Рис. 3 – Дослідження впливу кривизни решета з прямокутними отворами шириною 3,2 мм на якість сепарації насінневої суміші гороху при $n=350$ кол/хв, $q=100$ кг/год: W_p і W_k – величина сходової фракції прямолінійного і криволінійного решета; P_p і P_k – величина прохідної фракції прямолінійного і криволінійного решета

Найефективніше відокремлюються половинки гороху у проходову фракцію на криволінійному решеті $R_3=7,10$ м з максимальною величиною прогину в центральній частині $h_3=15$ мм. На решеті $R_4=4,275$ м і $h_4=25$ мм положення крайньої частини решета затрудняє переміщення сходової фракції, що суттєво збільшує товщину шару насіння на переважній частині решета, і як наслідок, зменшення просівання часток проходової фракції. Таку кривизну решета доцільно використовувати при підвищених частотах коливань, що збільшить продуктивність сепараторів при деякому зниженні якості розділення.

Характеристика просівання проходової фракції прямолінійного і криволінійного решета з прямокутними отворами шириною 3,2 мм, при частоті коливань решітного стану 350 кол/хв і подачі вихідного матеріалу 100 кг/год наведена на рис. 4. Як видно з графіків, кращі умови для просівання створюються практично по всій довжині криволінійного решета. Особливої уваги заслуговує величина проходової фракції на заключних його ділянках. Це підтверджує ефективність безпосередньо вгнутої поверхні решета, заключні ділянки якого зменшують швидкість руху насінневої суміші і ніби «підставляють» отвори для просівання часток проходової фракції.

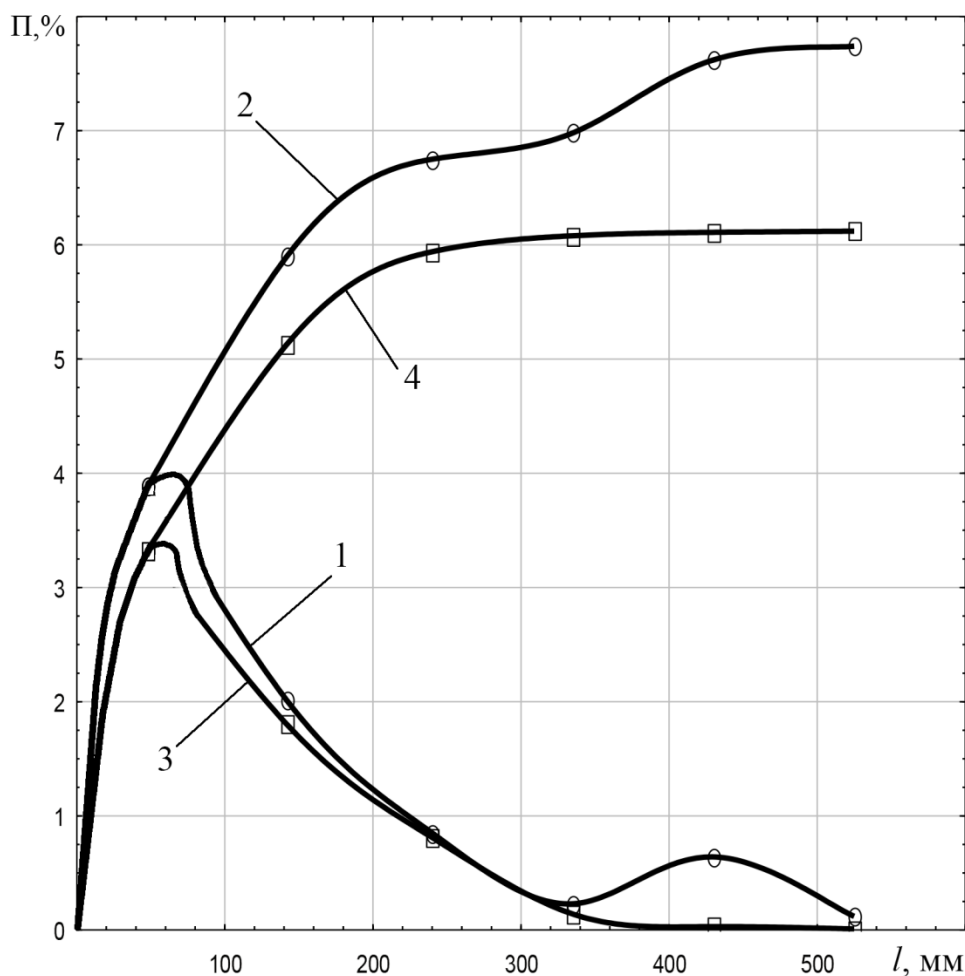


Рис. 4 – Просівання проходової фракції насінневої суміші гороху по довжині решета з прямокутними отворами шириною 3,2мм, при $n=350$ кол/хв, $q=100$ кг/год: 1 – на криволінійному решеті $R_3=7,10$ м; 2 – на криволінійному решеті зростаючим підсумком; 3 – на прямолінійному решеті; 4 – на прямолінійному решеті зростаючим підсумком

Висновки

Експериментальними дослідженнями встановлені оптимальні параметри роботи насіннеочисної машини з традиційними прямолінійними і експериментальними криволінійними решетами для відокремлення від насіння гороху його половинок: частота коливань решітного стану 350 кол/хв, подача вихідного матеріалу на решето шириною 240 мм і довжиною 560 мм 75-100 кг/год; радіус кривизни решета $R_3=7,1$ м з максимальною величиною прогину в центральній його частині $h_3=15$ мм.

На всіх криволінійних решетах, які досліджувались, отримали збільшення проходової фракції, що підтверджує інтенсифікацію процесу відокремлення половинок від насіння гороху за рахунок використання криволінійних решіт. При оптимальних параметрах повнота відокремлення половинок на криволінійному решеті зросла на 20,94% порівняно з прямолінійним решетом.

Список використаних джерел

1. Интенсификация сепарирования зерна. – Харьков: Основа, 2004. – 224 с.
2. Заїка П.М. Динаміка вібраційних зерноочисних машин. Машинобудування. 1977. – 278 с.
3. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. Том 3, розділ 7. Очистка і сортування насіння. – Х.: Око: 2006. – 408 с.
4. Гортинський В.В., Демський А.Б., Борискін М.А. Процеси сепарування зерна на перероблювальних підприємствах. – М.: Колос, 1980. – 304 с.
5. Кожуховский И.Е. Зерноочисні машини. М.: Машинобудування, 1974. – 200 с.
6. Кленин Н.И., Сакун В.Ф. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины. М.: Колос, 1994. – 751 с.
7. Патент України 41458, Бакум М.В., Леонов В.П., Бобро Н.Г. та ін. Віброрешітний сепаратор. В07В 1/40 U 200814237; заявл. 1012.2008; Опубл. 25.05.2009, № 10. – 5 с.
8. Патент України 14783, Бакум М.В., Леонов В.П., Горбатовский О.М. та ін. Решітний стан. А01D 34/00 U 200512897; заявл. 30.05.2005; Опубл. 15.05.2006, № 5. – 3 с.
9. Патент 27642 України. Вібраційна насіннеочисна машина / Бакум М.В., Путінцев А.А., Берюков І.А., Лук'яненко О.В. А01F 12/44 U 200707081; заявл. 25.06.2007; Опубл. 12.11.2007, №18. – 5 с.
10. Бакум М.В. Вплив кривизни решета на ефективність розділення насінневої суміші ріпаку / М.В. Бакум, С.О. Харченко, М.М. Крекот, М.О. Винокуров, О.В. Синаєва, О.С. Вотченко, А.С. Павленко // Механізація сільськогосподарського виробництва: Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка. – Харків: ХНТУСГ, 2017. – Вип. 180. – с. 5-12.

Аннотация

ВЛИЯНИЕ КРИВИЗНЫ РЕШЕТА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОЧИСТКИ СЕМЯН ГОРОХА ОТ ЕГО ПОЛОВИНОК

Бакум Н. В., Крекот Н. Н., Михайлов А. Д., Абдуев М. М., Циба Н. В., Басов А. И.

Приведены результаты экспериментальных исследований влияния основных параметров решетных сепараторов на эффективность очистки семян гороха от его половинок. Подтверждено увеличение полноты разделения на криволинейном решете на 20,94%

Abstract

INFLUENCE OF THE RESPECT CURVE ON EFFICIENCY OF CLEANING OF PEAK SEEDS FROM ITS HALF

N. Bakum, N. Krekot, A. Mikhailov, M. Abduev, N. Tsiba, A. Basov

The results of experimental studies of the influence of the main parameters of the sieve separators on the efficiency of cleaning pea seeds from its halves are presented. The increase in the completeness of separation on a curved sieve was confirmed by 20.94%

УДК 620.16

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЗЕРНА СОЇ

Нанка О. В., академік УНАНЕТ, проф., Бакум М. В., к.т.н., проф.,
Крекот М. М., к.т.н., доц., Русальов О. М., к.т.н., доц.,
Бойко Д. І., к.т.н., асист., Вотченко О. С., доц.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства
імені Петра Василенка*

Наведені результати дослідження механіко-технологічних властивостей зерна сої різних сортів і гібридів вирощених у різні роки. Для оцінки мінливості форми і розмірів зерна сої визначені середні значення еквівалентного діаметра, який змінюється в межах від 5,07 мм для зерна сої Хуторяночка до 5,99 мм для зерна сої Мрія.

Постановка задачі. Обґрунтоване використання зернових кормів є невід'ємною складовою створення біологічно повноцінного живлення тварин, яке забезпечує не лише високі показники продуктивності, а і довголіття їх господарського використання. Зернові корми виготовляють із зернової частини врожаю зернових культур: пшениці, жита, ячменю, вівса, проса, гречки, кукурудзи і сорго та зернобобових культур: сої, бобів кормових, віки, гороху, нуту і люпину.

Зерно кожної сільськогосподарської культури є складним біологічним об'єктом, який являє собою єдине ціле органічне сполучення різних за своєю

структурою, фізичними властивостями, хімічним складом, абсолютній масі та біологічному призначенню його анатомічних частин (зародок, ендосперм, плодове та насінневі оболонки). Кожна його частина, як і все зерно в цілому, несе відповідну інформацію про можливість отримання заданого виходу і якості готової продукції, доцільної технологічної його переробки та раціональних режимних параметрах виконання технологічних процесів.

Виходячи із фізіологічних особливостей годування тварин, обов'язковою складовою технологій приготування зернових кормів є подрібнення зерна, яке забезпечує утворення невеликих часточок з високорозвиненою поверхнею, що сприяє прискоренню процесів травлення та підвищенню засвоюваності поживних речовин.

Очевидно, що як на процес подрібнення зерна, так і на будову подрібнювача та основні його параметри і режими роботи суттєво впливають механіко-технологічні властивості вихідного матеріалу зерна сільськогосподарських культур, до яких відносяться: розмірні характеристики, масові характеристики та силові характеристики його руйнування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження механіко-технологічних властивостей зерна сільськогосподарських культур виконувались багатьма науковцями [1-4]. Разом з тим, ці дослідження не мають системного і комплексного характеру, тому що в сукупності та з єдиних позицій механіко-технологічні властивості зерен не вивчалися як об'єкти подрібнення різанням на роторних подрібнювачах [5].

Мета дослідження. Дослідити мінливість механіко-технологічних властивостей зерна сої.

Результати досліджень. Мінливість розмірних характеристик зернових матеріалів оцінюється геометричними розмірами: товщиною, шириною та довжиною їх компонентів, середнім значенням, середнім квадратичним відхиленням та коефіцієнтом варіації кожного з них.

Вихідним матеріалом для досліджень було зерно сої Мрія, урожаю 2014 р; сої Хуторяночка, урожаю 2016 р. і сої Максус, урожаю 2017 р.

Об'єм вибірки зерна N_B для досліджень визначали за формулою [6]:

$$N_B = \left(\frac{V_B t_{0,05}}{\Delta} \right)^2, \quad (1)$$

де V_B – коефіцієнт варіації;

$t_{0,05}$ – квантиль розподілення Стюдента при рівні значущості 0,05;

Δ – відносна похибка середнього.

При розрахунках об'єму вибірки зерна величину коефіцієнта варіації прийняли рівною 0,5, а відносну похибку середнього – 0,1. Квантиль розподілення Стюдента при рівні значущості 0,05 дорівнює 1,96 [6]. Для таких даних об'єм вибірки становить 96,04 зернини. При проведенні досліджень вибірку брали по 100 зернин.

Розміри насіння вимірювали мікроскопом з точністю до 0,01 мм. Результати досліджень приведені у вигляді варіаційних рядів у таблицях 1-3 і варіаційних кривих на рис. 1.

Найбільше розсіювання товщини зерна має соя Хуторяночка (табл. 1, рис. 1, а). Вона змінюється від 2,37 до 6,28 мм, а середнє значення товщини зерна сої Хуторяночка становить 4,54 мм. Найбільша товщина зерна у сої Мрія. Вона варіює від 4,06 до 6,01 мм, а середнє значення товщини її зерен найбільше, із досліджуваних, і становить 5,21 мм. Найменше середнє значення товщини зерна сої Максус, урожаю 2017 р., пояснюється засушливим літом, яке спричинило і значний недобір урожаю пізніх культур в цілому.

Найбільшу ширину має теж зерно сої Мрія (табл. 2, рис. 1, б). Вона змінюється від 4,32 до 7,19 мм, а середнє значення дорівнює 5,79 мм. Найменший діапазон зміни ширини має зерно сої Максус, а найменше середнє значення ширини 4,64 мм має зерно сої Хуторянка.

Взагалі необхідно зазначити, що ширина зерна досліджуваної сої від товщини відрізняється не суттєво. Найменшу різницю середніх значень 0,1 мм має зерно сої Хуторяночка, а найбільшу – 0,94 мм зерно сої Максус (табл. 4).

Найбільше розсіювання довжини має зерно сої Хуторяночка, від 2,73 до 7,14 мм, але середнє значення довжини цієї сої найменше. Найбільші значення довжини має зерно сої Мрія, але найбільше середнє значення довжини – 5,93 мм має зерно Максус (табл. 3, рис. 1, в).

Таблиця 1 – Варіаційні ряди мінливості товщини зерен сої

Границі інтервалів	2,0-2,5	2,5-3,0	3,0-3,5	3,5-4,0	4,0-4,5	4,5-5,0	5,0-5,5	5,5-6,0	6,0-6,5
Зерна сої Максус									
Частість, %			10,20	40,82	37,76	8,16	3,06		
Зерна сої Мрія									
Частість, %					1,75	29,82	45,61	21,05	1,77
Зерна сої Хуторяночка									
Частість, %	1,82	4,46	6,36	14,55	20,09	23,63	12,73	9,09	7,27

Таблиця 2 – Варіаційні ряди мінливості ширини зерен сої

Границі інтервалів	2,5-3,0	3,0-3,5	3,5-4,0	4,0-4,5	4,5-5,0	5,0-5,5	5,5-6,0	6,0-6,5	6,5-7,0	7,0-7,5
Зерна сої Максус										
Частість, %			1,02	15,31	34,69	37,76	11,22			
Зерна сої Мрія										
Частість, %				3,51	5,26	19,3	35,09	26,32	8,77	1,75
Зерна сої Хуторяночка										
Частість, %	3,57	7,14	11,90	20,24	25,00	13,10	11,90	7,15		

Таблиця 3 – Варіаційні ряди мінливості довжини зерен сої

Границі інтервалів	2,5-3,0	3,0-3,5	3,5-4,0	4,0-4,5	4,5-5,0	5,0-5,5	5,5-6,0	6,0-6,5	6,5-7,0	7,0-7,5	7,5-8,0	8,0-8,5	8,5-9,0
Зерна сої Максус													
Частість, %					3,4	15,91	32,95	38,64	7,95	1,14			
Зерна сої Мрія													
Частість, %							7,00	17,50	31,60	28,10	10,50	3,50	1,80
Зерна сої Хуторяночка													
Частість, %	3,70	7,41	17,28	19,75	23,46	14,81	9,88	2,47	1,24				

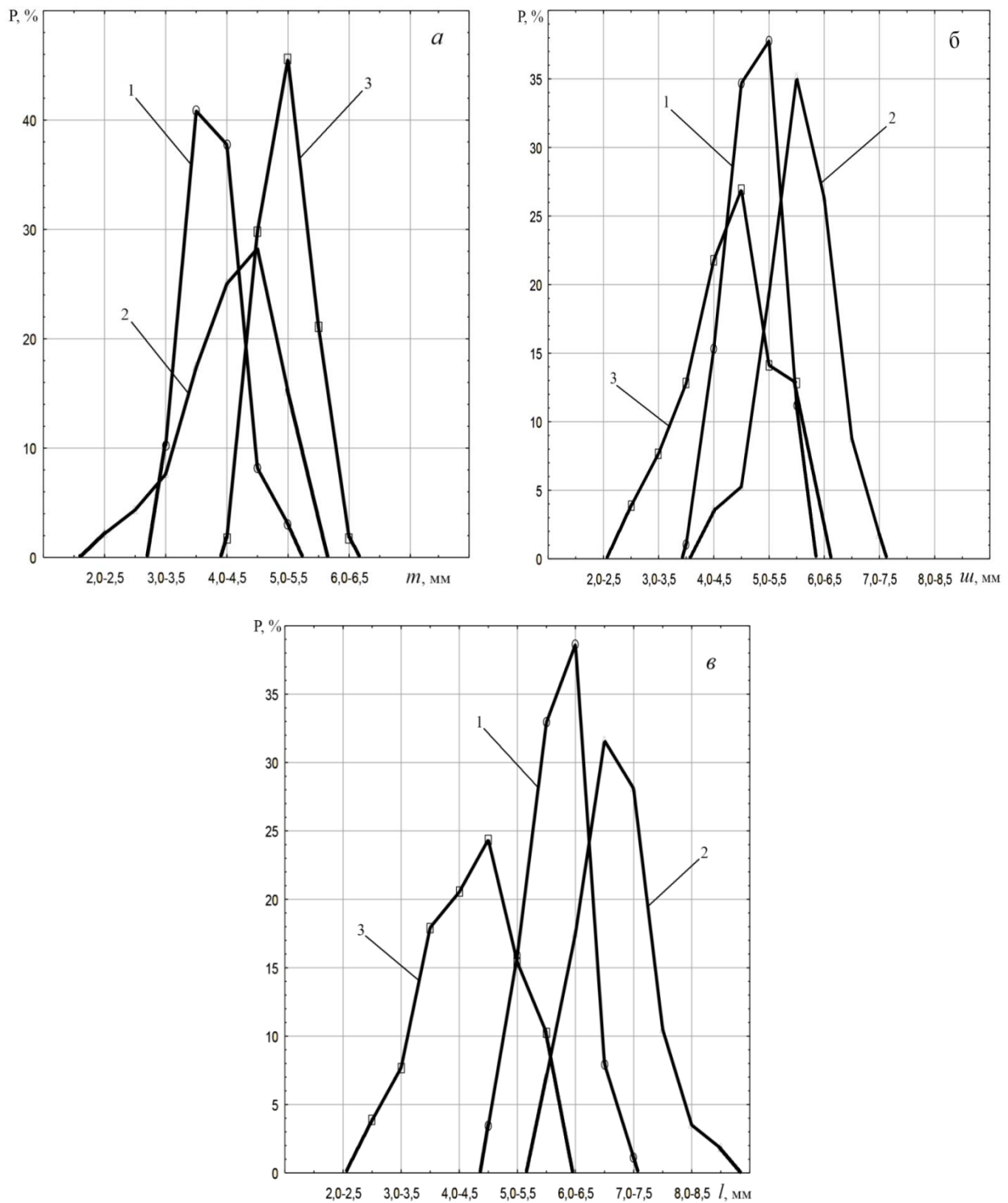


Рис. 1 – Варіаційні криві мінливості розмірів зерна: *a* – по товщині, *б* – по ширині, *в* – по довжині; 1 – соя Максус, 2 – соя Мрія, 3 – Хуторяночка

Усереднені значення товщини, ширини та довжини всього досліджуваного зерна сої теж відрізняються не суттєво (табл. 4), що відповідає овально-кулястій формі. Середньо-квадратичні відхилення для всіх усереднених розмірів зерна змінюються від 0,38 мм для довжини до 0,49 мм для товщини і ширини. Це визначає коефіцієнти варіації усереднених розмірів досліджуваного зерна сої в межах 10,68%.

Таблиця 4 – Статистичні характеристики мінливості розмірів зерна сої

Зерно сої Показники	Максус	Мрія	Хуторяночка	Усереднене значення зерна сої, мм	Середнє- квадратичне відхилення розмірів, мм	Коефіцієнт варіації розмірів, %
Мінімальна ширина зерна, мм	3,68	4,32	2,67			
Максимальна ширина зерна, мм	5,99	7,19	6,87			
Середнє знач. ширини зерна, мм	4,96	5,79	4,64	5,13	± 0,49	9,55
Мінімальна товщина зерна, мм	3,07	4,06	2,37			
Максимальна товщина зерна, мм	5,23	6,01	6,28			
Середнє знач. товщини зерна, мм	4,02	5,21	4,54	4,59	± 0,49	10,68
Мінімальна довжина зерна, мм	4,60	5,52	2,73			
Максимальна довжина зерна, мм	7,03	8,52	7,14			
Середнє знач. довжини зерна, мм	5,93	5,87	4,53	5,44	0,38	6,99

Для адекватної оцінки різноманітності форм зерен сої, як часто виконується і для багатьох інших сільськогосподарських культур, приймаємо величину еквівалентного діаметра D_e зернини, як діаметра кулі, об'єм V_k якої дорівнює справжньому об'єму зернини V_3 .

Для підвищення точності визначення об'єму зернини, спочатку визначався сумарний об'єм зерна та його кількість в ємності об'ємом 100 мл. При цьому заповнену зерном ємність заповнювали водою із мірної мензурки, визначаючи її об'єм. Різниця об'ємів ємності і долитої води дорівнювала сумарному об'єму зерна у ємності.

Розділивши сумарним об'єм зерна на його кількість в ємності отримували середній об'єм зернини. Прирівнюючи його до об'єму кулі, визначали середній еквівалентний діаметр зернини за залежністю:

$$D_e = \sqrt[3]{6V_3/\pi} = 1,24 \sqrt[3]{V_3}. \quad (2)$$

Результати досліджень наведені в таблиці 5.

Таблиця 5 – Результати визначення середнього еквівалентного діаметра зерна сої

Показники \ Зерно сої	Мрія	Хуторяночка	Максус	Середнє значення
Середній об'єм зернини, мм ³	112,5	68,32	69,16	83,33
Середній еквівалентний діаметр зернини, мм	5,99	5,07	5,09	5,42
Маса 1000 зернин, г	100,53	79,05	83,42	87,67

Як видно з табл. 5, найбільший об'єм та еквівалентний діаметр має зерно сої Мрія. Середній об'єм та еквівалентний діаметр зернин сої Хуторяночка і Максус відрізняються, відповідно, на 0,84 мм³ і 0,02 мм, та є значно меншими від зерна сої Мрія.

Усереднене значення об'єму однієї зернини досліджуваного зерна сої становить 83,33 мм³, а еквівалентний діаметр 5,42 мм.

Маса 1000 зернин найбільша у сої Мрія (100,53 г). Вона на 21,48 г більша від зерна сої Хуторяночка і на 17,11 г від зерна сої Максус. Середнє значення маси 1000 зернин досліджуваного зерна сої становить 87,67 г.

Висновки. Дослідженнями механіко-технологічних властивостей зерна сої різних сортів і гібридів вирощених у різні роки (2014 – 2017 р.р.) встановлено, що усереднені значення товщини, ширини та довжини зерна відрізняються не суттєво. Для оцінки форми і розмірів зерна сої визначені середні значення еквівалентного діаметра, який змінюється в межах від 5,07 мм для зерна сої Хуторяночка до 5,99 мм для зерна сої Мрія.

Список використаних джерел

1. Мельников С.В. Технологическое оборудование животноводческих ферм и комплексов/ С.В. Мельников. – Л.: Агропромиздат, 1985. – 650 с.
2. Зерновые, зернобобовые и масличные культуры. М.: Издательство стандартов, 1990. – 319 с.
3. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: Підручник / О.М. Царенко, Д.Г. Войтюк, В.М. Швайко, М.Я. Довжик, С.С. Яцун; за ред. С.С. Яцуна. – К.: Мета, 2003. – 448 с.
4. Заика П.М. Исследование вариационных кривых распределения размерных характеристик семян перед их доочисткой на виброрешетах/ П.М. Заика, Н.В. Бакум, А.Я. Полиский// Повышение эффективности и качества работы вибрационных семяочистительных машин: Сборник научных трудов МИИСП. – М: МИИСП, 1981. – с. 3-8.
5. Патент 95760 України, МПК В02С18/04. Спосіб подріблення фуражного зерна/ Нанка О.В.: опубл. 12.01.2015, Бюл. №1. – 3 с.
6. Налимов В.В. Теория эксперимента/ В.В. Налимов. – М.: Наука, 1976. – 208 с.

Аннотация

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЗЕРНА СОИ

Нанка А. В., Бакум Н. В., Крекот Н. Н., Русалев А. Н.,
Бойко Д. И., Вотченко А. С.

Приведены результаты исследований механико-технологических свойств зерна сои разных сортов и гибридов выращенных в разные годы. Для оценки изменчивости формы и размеров зерна сои определены средние значения эквивалентного диаметра, которая изменяется в пределах от 5,07 мм для зерна сои Хуторяночка до 5,99 мм для зерна сои Мрия.

Abstract

INVESTIGATION OF MECHANICALLY-TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF GRAIN OF SOI

A. Nanka, N. Bakum, N. Krekot, A. Rusalev,
D. Boyko, A. Votshenko

The results of investigations of the mechanical and technological properties of soybean grain of different varieties and hybrids grown in different years are presented. To assess the variability of the shape and size of the soybean grain, the mean values of the equivalent diameter are determined, which varies from 5.07 mm for the soybean grain of the Khutorianochka to 5.99 mm for soybean soybean Mria.

УДК 631.331

АГРОТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ СОШНИКОВ РАЗНЫХ ТИПОВ

**Морозов И. В., д.т.н., проф., Морозов В. И., к.э.н.,
Киральгази И. И., асп.**

*Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства
имени Петра Василенка*

В статье приведены результаты исследований сошников разных типов. На основании полученных результатов указаны конструктивные особенности сошников, влияющих на технологический процесс.

Постановка задачи. В Украине и в большинстве зерносеющих странах на зерновых сеялках в основном применяются дисковые и наральниковые (анкерные и килевидные) сошники.

Анализ последних исследований и публикаций. В учебниках и специальной литературе [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7] и др. источниках приводится общая

оценка названных рабочих органов. Причем, встречаются противоречивые суждения и зачастую они не аргументированы, т.е. не подтверждены теоретическими и экспериментальными исследованиями.

Цель исследований. В настоящей статье на основании наших данных и других исследователей мы пытаемся аргументированно дать оценку существующим сошникам.

Результаты исследований. Взаимодействие сошников качения (дисковых) и скольжения (наральниковых) с почвой имеет существенное отличие.

Сошник скольжения, двигаясь в почве, имеет только поступательную скорость, которая направлена горизонтально по ходу движения сеялки. При этом почва от воздействия сошника выпирается вверх и отбрасывается в стороны. Ложе для семян уплотняется килевидными сошниками и не уплотняется анкерными и частично уплотняется сошниками с прямым углом вхождения в почву.

В сошнике качения, пренебрегая незначительным углом наклона дисков, можно считать, что последние совершают плоско-параллельное движение [8].

При рабочих параметрах: радиус дисков $R=0,175$ м, глубина хода $h=0,05$ м и поступательной скорости $v_n=2,78$ м/с, скорость точки диска, максимально удаленной от центра его, при входе в почку и выходе из нее направлена к горизонту под углом $\alpha \approx 68^\circ$. Только при входе в почву скорость направлена вниз, а при выходе – вверх. Если эту скорость разложить на горизонтальную и вертикальную составляющие, то они соответственно равны:

$$v_r=1,94 \text{ м/с}; v_v=0,78 \text{ м/с}. \quad (1)$$

Следует обратить внимание, что с учетом того, что в мгновенном центре скоростей (нижнее положение точки диска, максимально удаленное от его центра) абсолютная скорость диска относительно почвы равна нулю, т.е. горизонтальная составляющая скорости этой точки на диске движущейся в почве, изменяется от нуля до 1,94 м/с, а в наральниковых сошниках эта скорость постоянна и для указанных выше условий, равна 2,78 м/с.

С учетом этого, что подтверждается экспериментами, при вхождении диска в почву, последняя будет частично направлена вниз, т.е. будет уплотняться. Этим самым уменьшая отбрасывание почвы на поверхность.

При выходе из почвы составляющие скорости соответствующих точек диска по модулю будут такие же, как в первом случае, только вертикальная составляющая будет направлена вверх, что должно способствовать выносу частиц почвы на поверхность.

Но так как почва частично уплотнена дисками, при вхождении их в почву наблюдается меньшее ее отбрасывание, чем наральниковыми сошниками.

Опыты по изучению влияния конструкции сошников и поступательной их скорости на процесс бороздообразования проводились с такими сошниками: двухдисковым, с прямым углом вхождения и серийным килевидным при скоростях 1,24; 1,71; 2,42; 2,96; 3,2 м/с.

Учетными показателями были приняты: В и Н – соответственно ширина и глубина остаточной бороздки; b и h – соответственно ширина и высота бокового почвенного валика.

Опыты показали, что с повышением скорости в указанных пределах ширина бороздки у 5 сошника возрастает (13-44 мм), у 7 сошника почти не изменяется (44-46 мм), у 6 сошника уменьшается (56-37 мм); глубина бороздки у 5 и 7 сошников возрастает соответственно 23-32 мм и 21-31 мм; у 6 сошника – уменьшается (27-16 мм); ширина бокового почвенного валика у 5 и 7 сошников возрастает соответственно 23-90 мм и 73-90 мм; у 6 сошника – уменьшается (101-86 мм); высота бокового почвенного валика у 5 сошника возрастает незначительно (4-13 мм), у 7 сошника – почти не изменяется (7-8 мм), у 6 сошника – уменьшается (14-10 мм).

Каждый из испытуемых сошников имеет свои конструктивные особенности, которые по-особому влияют на технологический процесс бороздообразования.

Опыты показали, что все сошники по учетным показателям примерно одинаковы. Следует заметить, что параметры бороздообразования не только влияют на качественные показатели работы сошников, но и имеют функциональную связь с энергетическими показателями технологического процесса этих рабочих органов.

Например, чем дальше об борозды отбрасывается почва, тем хуже условия осыпания почвы в бороздку, тем мельче заделываются семена, т.е. не выполняются агротребования по заделке семян по глубине. А это, в свою очередь, отрицательно сказывается на дружности всходов, росте и созревании хлебов и, в конечном счете, на урожайности. И чем дальше отбрасывается почва, тем больше затрачивается энергии на эту работу, тем больше сопротивление сошников [9, 10].

Был проведен эксперимент по влиянию параметров сошника и скорости его движения на устойчивость рабочих органов в продольно-вертикальной плоскости.

Испытывались сошники дисковые, с прямым углом и килевидные на тех же скоростях.

Стабильную устойчивость по вертикали показал двухдисковый сошник: среднеарифметический его показатель с увеличением скорости в указанных пределах – 96-97 мм, коэффициент вариации – 1,8-2,3%.

Сошники с прямым углом и килевидные среднеарифметический показатель и коэффициент вариации показали, соответственно 86-107 мм и 68-42 мм; 4-5% и 14-29%.

Стабильная устойчивость дискового сошника происходит за счет силы тяжести его и отсутствия опорной плоскости [9, 10].

С учетом того, что сила тяжести двухдисковых сошников примерно в три раза больше наральных и передается она на почву через диски, площадь которых значительно меньше, чем наральных сошников, то в процессе работы дисковые сошники движутся более устойчиво в продольновертикальной плоскости, что несколько сглаживает отрицательное влияние несовершенства

конструкции дискового сошника и в целом улучшает качество работы этих рабочих органов.

Эксперимент по изучению сопротивления сошников был проведен при установленной глубине 100 мм и с изменением скорости в указанных пределах. Получены следующие результаты: у сошников дисковых, с прямым углом вхождения в почву и килевидных среднеарифметический показатель был соответственно 43-78 Н, 35-68 Н и 36-71 Н и коэффициент вариации соответственно 3,3-2,4%, 3,7-1,2% и 24,4-5,2%.

Незначительно большее сопротивление показал двухдисковый сошник, наибольший коэффициент вариации – килевидный сошник [11, 12].

Эксперимент по распределению семян вдоль рядка и по глубине.

Испытывались такие сошники: серийные двухдисковые и килевидные и экспериментальный с прямым углом вхождения в почву на скоростях 8,3; 9,5; 11,7; 13,8 км/час.

Результаты были следующие: при изменении скорости в указанных пределах у сошника 5 среднеарифметический интервал между семенами вдоль рядка был в пределах 20-25 мм и коэффициент вариации – 159-91%.

Среднеарифметический показатель по глубине уменьшался с 37 до 26 мм, а коэффициент вариации был в пределах 20-23%.

Сошник 6 показал такие результаты: интервал между семенами вдоль рядка был 25-21 мм, а коэффициент вариации – 104-115%. Среднеарифметический показатель по глубине уменьшался с 36 до 27 мм, а коэффициент вариации – 19-27%.

Сошник 7 показал такие результаты: интервал между семенами вдоль рядка почти не изменялся (21-22 мм), а коэффициент вариации – 119-88%.

Среднеарифметический показатель по глубине – 38-22 мм, а коэффициент вариации – 16-28%.

Этот эксперимент показал, что среднеарифметический интервал между семенами вдоль рядка примерно одинаковый у всех сошников, а коэффициент вариации продольной равномерности наибольший (159,91%) у двухдискового сошника. Это объясняется научно необоснованными параметрами и установкой направителя семян а также вращением дисков, у остальных сошников этот показатель примерно одинаков и меньший, чем у дискового сошника.

Выводы. Резюмируя материалы, изложенные в статье, следует констатировать, что сошники всех типов с присущими им особенностями, вытекающими из конструкций этих рабочих органов, могут применяться в соответствующих почвенно-климатических условиях при высева определенных культур.

Качественные показатели дисковых сошников можно улучшить путем введения в конструкцию этих рабочих органов уплотнителей ложа для семян и поверхностного почвенного слоя, а также совершенствования направляющих элементов для семян, а наральных – введением в их конструкцию уплотнителей и уплотнителей-сепараторов поверхностного слоя почвы и оптимизации основных параметров сошников.

Список использованных источников

1. Сарсенов, А.Е. Совершенствование двухдискового сошника [Текст] / А.Е. Сарсенов // Сб. науч. статей Междунар. Науч.-практ. Конф. «Наука и инновации в XXI веке: актуальные вопросы, достижения и тенденции развития» посвящ. 70-и летию факультета механизации сельского хоз-ва. – Душанбе, 2017. – С. 450-455.
2. Архипов, В.С. Испытания сельскохозяйственной техники [Текст] Ч. 3 Оценка надежности / В.С. Архипов, А.Г. Левшин. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2014. – 216 с. 159.
3. Давлетшин, М.М. Дисковый сошник для отечественных зернотуковыхсеялок / М.М. Давлетшин, Д. Т. Атнагулов // Современные наукоемкие технологии.-2010.- №9ю-С. 135-136.
4. Ивженко, С.А. Совершенствование двухдискового сошника / С.А. Ивженко, А.Е. Сарсенов // Вестник Саратовского госагроуниверситета.- 2013.- №6- С. 60-62.
5. Лукьянов, С.И. Основы инженерного эксперимента [Текст]: учеб. Пособ. / С.И. Лукьянов, А.Н. панов, А.Е. Васильев.- М.: РИОР: 165 ИНФРАМ, 2014.-99 с.
6. Макаренко, А.Н. Зарубежная сельскохозяйственная техника [Текст]/ А.Н. Макаренко. К.В. казаков, И.В. Мартынова, А.В. Мачкарин, К.Н. Путиенко, А.В. Рыжков, Ю.В. Саенко, О.А. Чехунов.-М.; Белгород: “Центральный коллектор библиотек “БИБКОМ””, 2016.-201 с.
7. Павлов, И.М. Повышение эффективности дисковых сошников [Текст]/ И.М. Павлов, А.В. Перетяtko, А.Е. Сарсенов/ Аграрный научный журнал, 2016.-№12.-С. 58-60.
8. Юнусов, Г.С. Сельскохозяйственные машины [Текст] учеб. Пособ./ и.И. Максимов, А.В. Михеев, Н.Н. Смирнов.- Йошкар-Олаб Мар. Гос. Ун-т, 2009.- 152 с.
9. Павлов, И.М. Сошник. [Текст]- И.М. Павлов, А.В. Перетяtko, А.Е. Сарсенов// Механизация и электрификация сельского хозяйства, 2016.- №4.-С. 28-29.
10. Сарсенов, А.Е. Определение параметров упругих элементов сошника [Текст]/ А.Е. Сарсенов// В кн. Инновации в природообустройствеи защите в чрезвычайных ситуациях: матер. Междунар. науч.-практ. конф- Саратов, 2016.-С. 104-107.
11. Павлов, И.М. Тяговое сопротивление сошника [Текст]/ И.М. павлов, А.Е. Сарсенов// Аграрный научный журнал, 2017.-№2.-С. 64-66.
12. Парфенов, О.М.Основы расчета сельскохозяйственных машин [Текст]: методические указания для выполнениякурсового проекта/ С.А. Ивановский, С.А. Васильев, О.М. Парфенов. – Самара: РИЦ СГСХА, 2015. – 71с.

Анотація

ПЕРЕДУМОВИ ДО ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ СОШНИКІВ

Морозов І. В., Морозов В. І., Кіральгази І. І.

У статті наведено результати досліджень сошників різних типів. На підставі отриманих результатів вказані конструктивні особливості сошників, що впливають на технологічний процес.

Abstract

PRE-CONDITIONS TO GROUND OF COULTERS PARAMETERS

I. Morozov, V. Morozov, I. Kiralgazi

The article presents the results of coulter studies of different types. Based on the results obtained, the design features of coulters affecting the technological process are indicated.

УДК: 575.224.4

ГЕНЕТИЧНА АКТИВНІСТЬ ЯРОЇ ПШЕНИЦІ ЗАЛЕЖНО ВІД ДІЇ ІОНІЗУЮЧОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

Панкова О. В., к.с.-г.н., доц., Пузік В. К., д.с.-г.н., проф.,
Сировицький К. Г., ст. викл., Чалая О. С., к.с.-г.н., доц., Фесенко А. М., ст. викл.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства
імені Петра Василенка*

У роботі досліджено залежність мітотичної активності у клітинах кореневої меристеми проростків опроміненого насіння від дози гама-опромінення. Показано, що дія гама-променів змінює протікання мітозу, що відображається у порушеннях формування мітотичного апарату, а саме: підвищенні мітотичних індексів. Підвищення мітотичної активності у клітинах кореневої меристеми проростаючого насіння ярої пшениці пояснюється дією малих доз радіації, яка активує і регулює події у мітотичному циклі та перебіг самого мітозу, тобто призводить до прискорення ділення клітин. Зниження ж мітотичного індексу при збільшенні дози гама-опромінення зумовлене сильнішим ураженням самих систем відновлення клітин. В роботі відмічена залежність прояву впливу гама-променів на генетичний апарат ярої пшениці від дози гама-радіації, сорту та виду. В результаті проведених досліджень встановлено, що найбільш ефективним індуктором мутацій є доза гама-променів 100–150 Гр. У сорту м'якої пшениці Героїня спостерігається більш вища мітотична активність та більш різкий ріст мітотичної активності ніж у сорту твердої пшениці Чадо. Тобто, м'яка пшениця сорту Героїня є більш чутливою до дії гама-променів. Це свідчить про те, що

мітотична активність у меристемах корінців залежить від генотипових особливостей рослин ярої пшениці та дії гама-опромінення. Очевидно, що існує різна чутливість клітин у різних фазах мітотичного циклу, яка є універсальною, генетично детермінованою властивістю, що забезпечує високу надійність у структурній і функціональній перебудові рослинної клітини при дії гама-променів.

Ключові слова: клітина, гама-опромінення, доза, насіння, коренева меристема, мітотичний індекс, хромосомні аберації.

Однією з основних зернових культур на земній кулі є пшениця, яка разом з тим потребує поліпшення. Серед сучасних методів, за допомогою яких можна розв'язати це питання, є метод експериментального мутагенезу, котрий надає можливість створення нових сортів і цінного вихідного матеріалу для селекції [1, 12].

Як відомо, спонтанні мутації обумовлені змінами у молекулярній структурі генів, числі або структурі хромосом. Вони є єдиним джерелом появи нових ознак та властивостей живих організмів. Всі мутагенні фактори, які використовуються для створення нових форм, поділяються на фізичні, хімічні та біологічні. До фізичних мутагенів належать радіація, механічний вплив, температурний фактор, ультразвук. Радіація представлена електромагнітними та корпускулярними випромінюваннями. Найбільш ефективно використовується у практичній селекції іонізуюче випромінювання, зокрема гама-промені [4-6].

Одним з основних завдань мутаційної селекції рослин є вивчення генетичної активності мутагенних факторів з метою виявлення можливості максимального отримання спадкових змін форм, у тому числі використання при гібридизації сільськогосподарських культур у селекційній практиці [7-9].

Класичними і загально визначеними об'єктами дослідження цитогенетичних ефектів радіаційного опромінення є популяції клітин кореневої меристеми проростків насіння. Вивчення рівня мітотичної активності у перших пострадіаційних мітотичних циклах клітин кореневої меристеми дозволяє отримати достовірну оцінку рівня первинних ушкоджень генетичних систем та активності репараційних процесів.

Метою нашої роботи було вивчення впливу різних доз гама-променів на мітотичну активність і частоту мітотичних порушень клітин кореневої меристеми різних видів ярих пшениць.

В якості вихідного матеріалу були взяті представники виду *Triticum aestivum* L. ($2n=42$), яра м'яка пшениця Героїня, та *Triticum durum* Desf. – тверда пшениця Чадо ($2n=28$). Сухе насіння різних видів пшениці перед посівом обробляли гама-променями, джерелом яких був ^{60}Co , на установці «Theratron Elit-80» (інтенсивність випромінювача 7442 Ku). Опромінення використовували у дозах: 100 Гр, 150 Гр, 200 Гр, 250 Гр. Як контроль використовували насіння ярої пшениці без обробки. Оброблене гама-променями насіння пророщували протягом 3 діб. Мітотичну активність (МА) вивчали на давлених препаратах, які фарбували реактивом Шифа [12].

Загальновідомо, що опромінення усіма видами іонізуючої радіації

викликає зміни в характері та рівні активності проліферативних процесів. Опромінення в малих дозах значно підвищує рівень мітотичної активності та скорочує тривалість мітотичного циклу. У той же час опромінення в дозах порядку декількох сотень Гр призводить до пригнічення мітотичної активності, а у деяких випадках до повного пригнічення поділу клітин [10].

Результати, отримані нами, показали, що доза гама-променів 100 Гр, 150 Гр, 200 Гр для твердої пшениці Чадо та 100 Гр, 150 Гр для м'якої пшениці Героїня підвищує мітотичну активність клітин кореневої меристеми (рис. 1). Підвищення дози знижує мітотичну активність. Аналогічні результати отримані і іншими авторами [2].

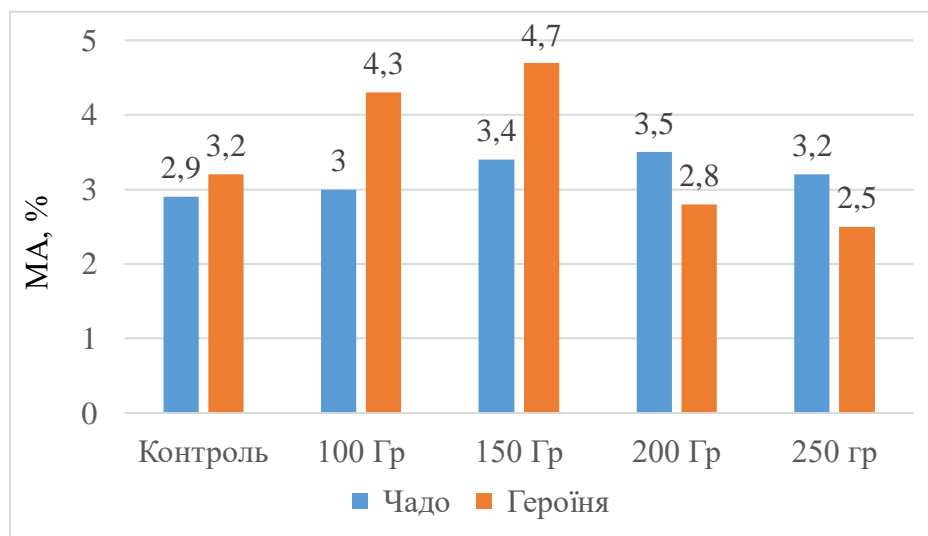


Рис. 1 – Мітотична активність клітин кореневої меристеми ярої м'якої пшениці Героїня та твердої пшениці Чадо залежно від дії гама-променів

Примітка: * – є достовірна різниця на 5-процентному рівні.

Як відомо, при високих дозах зниження мітотичного індексу викликає пригнічення синтезу ДНК, пов'язане з порушенням роботи матричних систем клітин. При летальних і сублетальних дозах велике значення для ураження клітин має пряма або опосередкована дія радіації на компоненти хроматину. При дії високих доз уражується структура та функції геному, що проявляється в загальному збільшенні частки клітин з хромосомними абераціями, пригніченні, затримці та навіть повному подавленні мітозів.

Треба зазначити, що мітотична активність у меристемах корінців ярої пшениці залежить від дози гама-опромінення, сорту та виду. Так, у сорту м'якої пшениці Героїня мітотична активність вища, ніж у сорту твердої пшениці Чадо. Таким чином, м'яка пшениця Героїня є більш чутливою до дії гама-променів. Також треба відмітити, що у сорту Героїня спостерігається більш різкий ріст МА. Так, у варіанті дослідів 100 Гр мітотична активність збільшується на 1,1%, а у варіанті 150 Гр на 1,6% в порівнянні з контролем. І також стрімко падає у варіанті 200, 250 Гр на 0,4 та 0,7% відповідно; ці показники нижчі, ніж в інших варіантах дослідів. Найвищий показник МА спостерігається у варіанті дослідів 150 Гр (4,8%), найнижчий – у варіанті 250 Гр (2,5%).

Підвищення мітотичної активності у клітинах кореневої меристеми проростаючого насіння ярої пшениці пояснюється дією малих доз радіації, яка активує і регулює події у мітотичному циклі та перебіг самого мітозу, тобто призводить до прискорення ділення клітин. Зниження ж мітотичного індексу при збільшенні дози гама-опромінення зумовлене сильнішим ураженням самих систем відновлення клітин. Імовірно, по мірі того, як дія радіації посилюється, мембранні системи клітинних органел і ендоплазматичного ретикулуму втрачають свої функціональні якості (гнучкість, еластичність).

Що стосується сорту Чадо, показники МА різних варіантів не мають достовірної різниці. З підвищенням дози гама-променів мітотична активність підвищується, доза 250 Гр призводить до падіння МА. Найбільш низький показник МА спостерігається у контролі (2,9%), найвищий – у варіанті 200 Гр. А менш значне зміння МА під впливом гама-променів може бути наслідком меншої пластичності сорту в порівнянні з м'якою пшеницею Героїня. Отримані результати були підтверджені нами у ході польових експериментів [11].

Це свідчить про те, що мітотична активність у меристемах корінців залежить від генотипових особливостей рослин ярої пшениці та дії гама-опромінення. Очевидно, що існує різна чутливість клітин у різних фазах мітотичного циклу, яка є універсальною, генетично детермінованою властивістю, що забезпечує високу надійність у структурній і функціональній перебудові рослинної клітини при дії гама-променів. Диференціацію сортів за радіорезистентністю їх насіння пов'язують також з різницею в тонкій структурі організації геному і різницею активності пострадіаційного відновлювання. Опромінення може бути пусковим моментом для ланцюга подій у пострадіаційний період [3, 4, 6].

Таким чином, нами встановлено, що дія гама-променів змінювала протікання мітозу, що відобразилось у порушеннях формування мітотичного апарату, а саме: підвищенні мітотичних індексів. Також була відмічена видова залежність прояву впливу гама-променів на генетичний апарат ярої пшениці. Була встановлено, що найбільш ефективним індуктором мутацій є доза гама-променів 100–150 Гр. Використання інших доз опромінення знижує МА.

Список використаних джерел

1. Аникеев А.И. Моделирование процесса уборки и подготовки к хранению кукурузы на зерно / А.И. Аникеев, А.Д. Калужный, К.Г. Сыровицкий // Инженерия природокористування 8 (2), 84-89.
2. Дем'яненко В.В., Логвиненко В.Ф., Семерунь Т.Б. Вивчення цитогенетичної активності мутагенних чинників на прикладі озимої пшениці // Физиология и биохимия культ. растений. – 2005. – Т.37, №4. – С. 313–319.
3. Егоров Е.В. Аналогия биологического действия сверхмалых химических и физических доз // Радиация биология. Радиоекология. – 2003. – Т.43, № 3. – С. 261–264.
4. Ларченко К.А., Моргун В.В. Генетическая активность химических и физических мутагенов в сверхнизких дозах // Экологическая генетика:

- Мат-лы VIII съезда генетиков и селекционеров республики Беларусь. – Минск, 2002. – С. 369–377.
5. Ларченко К.А., Моргун В.В., Хроменко В.О. Эффективность низких доз мутагенов в индукции селекционно-ценных мутаций кукурудзы // Физиология и биохимия культ. растений. – 2002. – Т.34, № 5. – С. 419–423.
 6. Моргун В.В., Логвиненко В.Ф. Мутационная селекция пшеницы. – Киев: Наук. думка, 1995. – 626с.
 7. Панкова О.В. Особенности скрещивания мягкой пшеницы та жита залежно від дії різних доз гамма-променів / О.В. Панкова, В.К. Пузик // Селекція і насінництво: темат. наук. зб. – Х., 2013. – Вип. 102. – С. 99 -105.
 8. Панкова О.В. Гібридизація зернових залежно від гідротермічних умов / О.В. Панкова, В.К. Пузик, А.М. Фесенко, В.В. Безпалько // Інженерія природокористування, 2017, №2(8), с. 15 – 18.
 9. Панкова О.В. Схрещуваність різних видів злаків залежно від дії гамма-променів на материнську рослину / О.В. Панкова // Вісник Львівського національного університету ім. І. Франка. – 2011. – Вип. 57. – С. 236 - 241.
 10. Панкова О.В. Дія гамма-опромінення на генетичну мінливість пшениці / О.В. Панкова, А.М. Фесенко, В.В. Безпалько, М.В. Яковлева // Інженерія природокористування, 2016, №1(5), с. 58 – 61.
 11. Панкова О.В. Вплив гамма-випромінювання на прояв індукованих змін польових популяцій пшениці / О.В.Панкова // Збірник наукових праць [Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків], 2012, №14. С. 495-497.
 12. Паушева З.П. Практикум по цитологии растений. – М.: Агропромиздат, 1988. – 270с.
 13. Харченко С.О. Напрямок в розробці агротехнологій блочно-варіантних систем для господарств різних технологічних рівнів // С.О. Харченко, О.І. Анікєєв, М.О. Циганенко, О.Д. Калюжний та ін. // Вісник ХНТУСГ. Вип. 156. С. 174-179.

Аннотация

ГЕНЕТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ДЕЙСТВИЯ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Панкова О. В., Пузик В. К., Сыровицкий К. Г., Чалая О. С., Фесенко А. М.

В работе исследована зависимость митотической активности в клетках корневой меристемы проростков облученных семян от дозы гамма-облучения. Показано, что действие гамма-лучей меняет протекания митоза, что отражается в нарушениях формирования митотического аппарата, а именно: повышении митотических индексов. Повышение митотической активности в клетках корневой меристемы прорастающих семян яровой пшеницы объясняется действием малых доз радиации, которая активирует и регулирует события митотического цикла и ход самого митоза, то есть приводит к ускорению деления клеток. Снижение же митотического индекса при увеличении дозы гамма-излучения обусловлено сильным поражением самих систем

обновления клеток. В работе отмечена зависимость проявления влияния гамма-лучей на генетический аппарат яровой пшеницы от дозы гамма-радиации, сорта и вида. В результате проведенных исследований установлено, что наиболее эффективным индуктором изменений является доза гамма-лучей 100-150 гр. У сорта мягкой пшеницы Героиня наблюдается более высокая митотическая активность и более резкий рост митотической активности чем у сорта твердой пшеницы Чадо. То есть, мягкая пшеница сорта Героиня более чувствительной к действию гамма-лучей. Это свидетельствует о том, что митотическая активность в меристемах корешков зависит от генотипических особенностей растений яровой пшеницы и действия гамма-облучения. Очевидно, что существует разная чувствительность клеток в различных фазах митотического цикла, которая является универсальной, генетически детерминированной свойством, что обеспечивает высокую надежность в структурной и функциональной перестройке растительной клетки при воздействии гамма-лучей.

Ключевые слова: клетка, гамма-облучение, доза, семена, корневая меристема, митотический индекс, хромосомные аберрации.

Abstract

GENETIC ACTIVITY OF WHEAT IN DEPENDENCE ON THE EFFECT OF IONIZING RADIATION

Pankova O. V., Pusik V. K., Syrovitsky K. G., Chalaya O. S., Fesenko A. M.

The mitotic activity in the seedlings meristem after irradiation of seeds against the dose of gamma irradiation was investigated in the work. It is shown that the action of gamma rays changes the behavior of mitosis, which is reflected in violations of the mitotic apparatus formation, notably, the increase of mitotic indices. The mitotic activity increasing in the root meristem cells of germinating spring wheat seeds is explained by the action of small doses of radiation, which activates and regulates processes of the mitotic cycle and the mitosis behavior itself. That is, this leads to an acceleration of cell division. The decrease of the mitotic index with an increase in the dose of gamma radiation is due to a strong defeat of the systems of cell renewal. In the work, the relation of the occurrence of gamma rays influence on the genetic apparatus of spring wheat from the dose of gamma radiation, variety and species was noted. As a result of the conducted studies it was established that the most effective inducer of changes is the dose of gamma rays 100-150 grams. The Geroinya soft wheat variety has a higher mitotic activity and a more dramatic increasing in mitotic activity than that of Chado's hard wheat variety. That is, the soft wheat of the Geroinya variety is more sensitive to the action of gamma rays. This indicates that the mitotic activity in the roots meristems depends on the genotypic characteristics of spring wheat plants and the action of gamma irradiation. Obviously, there is a different sensitivity of cells in different phases of the mitotic cycle, which is a universal, genetically determined property, which provides high reliability in the structural and functional rearrangement of the plant cell under the influence of gamma rays.

Key words: cell, gamma irradiation, dose, seeds, root meristem, mitotic index, chromosome aberrations.

ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОЩУВАННЯ ВЕЛИКОПЛІДНОЇ ЧОРНИЦІ НА УКРАЇНІ

Пузік В. К., проф., д.с.-г.н., Романащенко О. А., доц.,
Романащенко І. О., студ., Романащенко М. О., студ.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства
імені Петра Василенка*

В роботі описується технологія вирощування різних сортів та видів чорниці високоплідної. Наведено основні види та сорти даної рослини та їх особливості. Виявлено чинники, що впливають на врожай ягоди.

Довговічність плантації від умов і зазвичай становить від 30 до 40 років. Для обмеження ризиків зниження урожайності плантації внаслідок пошкодження насадження шкідниками та хворобами варто відповідально підійти до вибору ділянки, підготовки ґрунту та знищення ґрунтових шкідників перед висаджуванням рослин. Чорниця добре росте і плодоносить на ґрунтах з високим рівнем органічної речовини. Також ця рослина досить вимоглива до умов зрошення.

Останнім часом з'явилися також міжвидові гібриди чорниці, які поєднують цінні господарчі ознаки: високу продуктивність, зимостійкість, меншу вибагливість до умов зволоження та ширшу адаптацію до ґрунтових умов.

Плодоносні ряди бажано мульчувати торфом чи тирсою. Краще використовувати тирсу, компостовану протягом попереднього сезону (для уникнення іммобілізації азоту мікроорганізмами). Можна використовувати свіжу тирсу листяних порід дерев (збільшуючи норму азотних добрив на 40-50%). Тирса хвойних порід дерев обов'язково має компостуватися перед внесенням.

Збирання ягід проводять від початку липня до вересня місяця (в залежності від сорту). Ягоди набувають насиченого темно-синього забарвлення за 34 дні до повної стиглості. Збір проводять раз на 7-10 днів.

Беручи до уваги досвід вирощування цієї культури у інших країнах можна стверджувати, що в Україні є достатньо широкий вибір зареєстрованих засобів захисту рослин, що можуть бути використані на даній культурі у разі потреби.

***Ключові слова:** технологія, ягоди, великоплідна чорниця, вирощування, урожайність, зрошення, гібриди.*

Постановка проблеми. За останні роки серед українських виробників плодово-ягідної продукції зростає зацікавленість до вирощування нових перспективних культур. Серед таких культур опинилася чорниця високоросла, високоросла, яку інколи називають великоплідною американською чорницею.

Серед причин такої уваги можна назвати зростання зацікавленості

переробних підприємств, які розглядають можливість заміни культивованою чорницею дикоростучої чорниці та її біохімічний склад. Тому що закупівельна ціна на саме цю ягоду зросла за останні декілька років в 4-5 разів.

Крім цього не останню роль зіграв приклад нашого сусіда - Польщі. Саме польські фермери продемонстрували на практиці можливість використання конкурентних переваг країни, основою економіки якої є сільське господарство. За трохи більше десятиліття Польща стала одним з ключових гравців світового ринку цієї культури, який, до речі, протягом останніх півстоліття має тенденцію до зростання.

Метою даної публікації є дослідження основних складових технології вирощування чорниці та використання на Україні.

Основна частина. Чорниця та лохина відносяться до роду *Vaccinium*, що також включає інші поширені дикоростучі ягідні культури (зокрема брусницю та журавлину). На Україні в дикому вигляді росте чорниця звичайна (*Vaccinium myrtillus*) та лохина драговинна (*Vaccinium uliginosum*).

Окультурену лохину називають великоплідною американською чорницею, що призводить до непорозумінь і суперечок.

На Україні вирощують ранні сорти чорниці високорослої (Спартан, Патріот, Блюджей), середньостиглі та пізньостиглі сорти (Норзкантрі, Норзскай, Блюкроп, Нельсон, Еліот). Ранньостиглі сорти можуть пошкоджуватись весняними заморозками (критична температура для періоду цвітіння 1°C). Загроза для пошкодження середньостиглих та пізньостиглих сортів значно менша.

Чорниця – багаторічний кущ, що має добре розгалужену кореневу систему, яка, в основному, розміщується в шарі ґрунту 30-40 см. Коренева система пристосована до існування у перезволоженому субстраті з високим вмістом органічної речовини та, на відміну від більшості інших рослин, не має кореневих волосків, що відіграють важливу роль у живленні та водопостачанні більшості рослин.

В природних умовах рослини роду *Vaccinium* мають на кореневій системі ендомікоризу (симбіотичний грибок), що покращує мінеральне живлення рослини. При вирощуванні чорниці в культурі та інтенсивному удобренні рослин мінеральними добривами цей симбіоз спостерігається в меншій мірі.

Рослина чорниці має 15-18 пагонів, що відходять від коронки (кореневої шийки). Урожай формується на бруньках, що заклались в попередньому сезоні. Посадку чорниці здійснюють саджанцями. Перший врожай отримують зазвичай на третій рік. Урожайність близько 0,5 кг з куща. Така рослина вступає в повне плодоношення на 5-6 рік (24 кг ягід з куща в залежності від сорту). Довговічність плантації визначається рівнем догляду та зазвичай становить 30-40 років, хоча в США існують високопродуктивні насадження, яким зараз більше 60 років [1].

В зв'язку з загрозою пошкодження цвіту весняними заморозками для ранніх сортів потрібно вибирати ділянку з відсутністю застою холодного повітря та бажано не південної експозиції (де вегетація зазвичай розпочинається дещо раніше).

Бажано уникати попередників, які сприйнятливі до вільноживучих

нематод (цукровий буряк, картопля, суниця). Також не рекомендується закладати плантації на ділянках з високою заселеністю ґрунтових шкідників (личинки травневого хруща). Ділянка має бути добре дренована, з рівнем залягання ґрунтових вод не ближче 60 см від поверхні ґрунту. Механічний склад – легкий суглинок чи супісок. Рослини погано ростуть на ґрунтах важкого механічного складу. Оптимальний рівень рН - 4,5...5,2 [2].

Для зниження рівня рН використовують сірку. Щоб знизити рН на одну одиницю потрібно внести від 350-400 кг/га на ґрунтах легкого механічного складу, або 1000-1200 кг/га на середніх суглинках. Сірка має бути внесена в попередньому сезоні для окислення ґрунтовими бактеріями. Якщо рівень рН ґрунту перевищує оптимальний показник більш ніж на одиницю - закислення ґрунту сіркою може виявитись економічно не виправданим.

Чорниця добре росте і плодоносить на ґрунтах з високим рівнем органічної речовини - для збагачення ґрунту на органіку за рік до посадки рекомендується посіяти сидеральні культури з послідуною заробкою зеленої маси у ґрунт (алкалоїдний люпин чи подвійний посів гірчиці). Чорниця досить вимоглива до умов зрошення.

Зазвичай використовують систему крапельного зрошення – в даному випадку з'являється можливість фертигації і внесення засобів захисту для боротьби з ґрунтовими шкідниками. Полив дощуванням дозволяє захищати рослини від весняних заморозків та охолоджувати плантацію в жаркі літні місяці, проте при такому типі зрошення використовується значно більше води, а в період дозрівання врожаю може погіршитись товарний вигляд ягід [4].

Обов'язково проводять аналіз поливної води на вміст мінеральних солей (електропровідність $EC < 1,2$), рН води має бути не вище 6,0 (якщо рН води зависокий – його можна понизити сірчаною кислотою, кількість якої визначається за результатами титрування).

Рослини потребують найбільше вологи в період цвітіння - дозрівання ягід. В цей час, за відсутності опадів, може з'явитись необхідність поливу двічі на тиждень (максимальна потреба у воді може сягати 25-40 мм на тиждень, що відповідає 250-400 куб. м/га).

При вирощуванні в агробіоценозі чорниця високоросла буде уражуватись шкідниками та хворобами. Так, як ця культура є новою для України зараз досить важко оцінити можливий фітопатогенний тиск.

Беручи до уваги досвід вирощування цієї культури у інших країнах можна стверджувати, що в Україні є достатньо широкий вибір зареєстрованих засобів захисту рослин, що можуть бути використані на даній культурі у разі потреби.

Для обмеження ризиків зниження урожайності плантації внаслідок пошкодження насаджень шкідниками та хворобами варто відповідально підійти до вибору ділянки, підготовки ґрунту та знищення ґрунтових шкідників перед висаджуванням рослин. Також особливу увагу варто приділити якості і чистоті посадкового матеріалу для уникнення ввезення шкодоносних об'єктів з інших країн.

Рослини чорниці потребують порівняно невеликої кількості елементів живлення та погано переносять підвищену концентрацію добрив [3].

Азот потрібно вносити в аміачній формі (або карбамід - амідний азот якого з часом переходить в аміачну форму). Нітратний азот рослини сприймають погано, а в підвищених дозах він має токсичний ефект.

Найкращий вид азотного добрива – сульфат амонію – це добриво понижує реакцію ґрунтового розчину (особливо актуально на карбонатних ґрунтах, де після внесення сірки для пониження рН з часом реакція може дещо вирівнятись).

Норма внесення азоту на щойно посадженій плантації становить 10-25 кг/га діючої речовини (вносять локально в 2 прийоми), на плодоносній плантації норму підвищують до 50-70 кг/га. На ґрунтах, багатих органікою вона може бути занижена, на легких бідних ґрунтах – дещо збільшена. У випадку використання у якості мульчуючого матеріалу некомпостованої тирси - норма внесення азоту значно збільшується (до 80-100 кг/га д.р.) [2].

Фосфор – на плодоносній плантації в середньому вносять 60-80 кг/га д.р. фосфору на рік в залежності від результатів аналізу ґрунту та експрес аналізу листової проби.

Калій – зазвичай після вступу у повне плодоношення необхідно 50-100 кг/га д.р. калію за сезон. Як і для більшості інших ягідних культур, потрібно уникати хлориду калію та інших хлорвмісних форм калійних добрив.

Мікроелементи найкраще вносити позакореневим підживленням, тому, що низький рівень рН ґрунту, який потрібно утримувати, блокує доступ рослини до ґрунтових запасів більшості з них.

Прояв дефіциту на зовнішньому вигляді рослини є запізненим показником потреби елементів живлення. Краще декілька разів на сезон проводити аналіз листової проби для вчасного коригування балансу елементів живлення.

Збирання ягід проводять починаючи з липня до вересня місяця. Початок збирання ягоди залежить від сорту. Ягоди набувають насиченого темно-синього забарвлення за 34 дні до повної стиглості. Збір проводять раз на 7-10 днів. Рекомендується збирати врожай вранці, після випаровування роси. Продукцію відразу ж охолоджують та зберігають при температурі 0...+2°C та відносній вологості повітря 90-95% [5]. При дотриманні таких умов ягоди можна зберігати до 14 днів без втрати якості. При цьому перші дозрівші ягоди збирають вручну та реалізують на ринку свіжої продукції, а потім, при масовому дозріванні - використовують комбайн [2].

Одними з найбільш пристосованих до вирощування на території України є такі сорти чорниці:

Еліот (Elliott) – дуже пізній сорт (термін дозрівання серпень-вересень) виведений в 1973 р. Кущ сильнорослий, прямостоячий. Урожайність висока. Придатний до механізованого збирання. Ягоди міцні, невеликі світло-синього кольору, з слабким ароматом, дещо терпкі. Транспортабельний, добре зберігається.

Патріот (Patriot) – середньоранній сорт виведений в 1976 році. Кущ невеликий, прямостоячий. Зимостійкість добра, проте через раннє цвітіння може пошкоджуватись весняними заморозками. Толерантний до ґрунтових умов. Ягоди великі, міцні, з сильним ароматом, місце відриву невеликого розміру.

Нельсон (Nelson) - пізній сорт виведений у 1988 році. Кущ прямостоячий,

придатний до механізованого збирання. Сорт характеризується високою продуктивністю. Морозостійкий. Ягоди великі, міцні, ароматні. Місце відриву маленьке, відрив сухий.

Сієра (Sierra) – середньостиглий сорт отриманий в 1988 році. Куш середнього розміру, продуктивний. Морозостійкість посередня. Ягоди середнього розміру, міцні, з легким ароматом. Місце відриву невеликого розміру.

Висновки. За прогнозами аналітиків, найближчими роками площі під ягідними культурами істотно збільшуватимуться, їх частка у промисловому виробництві зростатиме. Сучасні науковці розробили та пропонують фермерам, які спеціалізуються на чорниці, інноваційні технології вирощування ягід в насадженнях різних конструкцій з використанням скороплідних сортів, які досить швидко вступають у період плодоношення та відзначаються високою продуктивністю. При врожайності 10-20 т/га від реалізації ягід можна одержати 115-200 тис. грн. прибутку з 1 гектара. Застосування цих технологій забезпечує отримання високоякісної, екологічно безпечної продукції, зниження її собівартості, економне використання ресурсного потенціалу підприємства, максимальний прибуток і швидкий обіг капіталу.

Беручи до уваги досвід вирощування цієї культури у інших країнах можна стверджувати, що в Україні є достатньо широкий вибір зон розташування плантацій для вирощування різноманітних сортів чорниці високоплідної.

Список використаних джерел

1. Балабак А.Ф. Кореневласне розмноження малопоширених плодових і ягідних культур. Умань: УВП «Графіка», 2003. 109 с.
2. Марковський В.С. Довідник по ягідництву / В. С. Марковський, А. В. Гуляєв, В. П. Лошицький та ін. [під ред. В.С. Марковського]. – К.: Урожай, 1989. – 220 с.
3. Сажены голубики, черники [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://klioma-servise.in.ua>
4. Pliszka K. Borówka wysoka // Praca zbiorowa. Warszawa, 2002. 154 p.
5. Smolarz K. Uprawa borówki i żurawiny. Warszawa: Hortpress Sp. z o.o., 2003. 89 p.
6. Szkółka [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.borowka.pl/galeria/szkolka>

Аннотация

ТЕХНОЛОГИЯ ВЫРАЩИВАНИЯ КРУПНОПЛОДНОЙ ЧЕРНИКИ В УКРАИНЕ

Пузык В. К., Романашенко О. А., Романашенко И. А., Романашенко М. А

В работе описываются технологии выращивания различных сортов и видов черники крупноплодной. Приведены основные виды и сорта данного растения и их особенности. Установлены факторы, которые влияют на урожай ягоды.

Долговечность плантации зависит от условий и обычно составляет от 30 до 40 лет. Для ограничения рисков снижения урожайности плантации из-за повреждения насаждения вредителями и болезнями стоит ответственно подойти к выбору участка, подготовки почвы и уничтожения вредителей в почве перед высадкой растений. Черника хорошо растет и плодоносит на почвах с высоким уровнем органического вещества. Также это растение достаточно требовательно к условиям орошения.

В последнее время появились также различные гибриды черники, которые объединяют ценные хозяйственные признаки: высокую производительность, зимостойкость, меньшую требовательность к условиям увлажнения и широкую адаптацию к почвенным условиям.

Плодоносящие ряды желательно мульчировать торфом или опилками. Лучше использовать опилки, компостированные в течение предыдущего сезона (для избежания иммобилизации азота микроорганизмами). Можно использовать свежие опилки лиственных пород деревьев (увеличивая норму азотных удобрений на 40-50%). Опилки хвойных пород деревьев обязательно должны компостироваться перед внесением.

Сбор ягод проводят от начала июля до сентября месяца (в зависимости от сорта). Ягоды приобретают насыщенного темно-синего окраса за 34 дня до полной спелости. Сбор проводят раз в 7-10 дней.

Принимая во внимание опыт выращивания этой культуры в других странах можно утверждать, что в Украине есть достаточно широкий выбор зарегистрированных средств защиты растений, которые могут быть использованы на данной культуре в случае необходимости.

***Ключевые слова:** технология, ягоды, крупноплодная черника, выращивания, урожайность, орошение, гибриды.*

Abstract

TECHNOLOGY OF GROWING BLUEBERRY IN UKRAINE

V. Puzik, A. Romanashenko, I. Romanashenko, M. Romanashenko

Technologies of growing of different sorts and types of blueberry are in process analyzed. Basic kinds over and sorts of this plant and their feature are brought. Factors that influence the yield of berries are established.

The longevity of the plantation depends on the conditions and is usually 30 to 40 years. For limitation of risks of decline of the productivity of plantation from the damage of planting it is needed responsibly to walk up wreckers and illnesses to the choice of area, preparations of soil and elimination of wreckers in soil before landing of plants. A blueberry well grows and bears fruit on soils with the high level of organic substance. In addition, this plant is demandingly enough to the terms of irrigation.

Lately the different hybrids of whortleberry, that unite valuable economic signs, appeared also: high yield, resistance to cold, less demand to the terms of moistening and wide adaptation to the soil terms.

Fructiferous rows it is desirable to mulch peat or sawdusts. It is better to use the sawdusts punched during a previous season (for avoidance of immobilization of

nitrogen microorganisms). It is possible to use fresh sawdusts of leafy breeds of trees (increasing the norm of nitric fertilizers on 40-50%). Sawdusts of coniferous breeds of trees necessarily must be punched before bringing.

Collections of berries conduct from the beginning of July to September month (depending on a sort). Berries acquire the saturated blue coloring 34 days prior to a complete ripeness. Collection is conducted one time on 7-10 days.

Having regard to experience of growing of this culture it is possible to assert in other countries, that in Ukraine there is a wide enough choice of the registered facilities of defence of plants that can be used on this culture in case of necessity.

Keywords: technology, berries, blueberry, growing, productivity, irrigation, hybrids.

УДК 62-664.263

ЗНИЖЕННЯ ТЕХНОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ДОВКІЛЛЯ ЗА РАХУНОК ЗАМІЩЕННЯ ВУГІЛЛЯ СОЛОМ'ЯНОЮ БІОМАСОЮ

Семірненко С. Л., к.т.н., Семірненко Ю. І., к.т.н.

Сумський національний аграрний університет

Проведені розрахунки енергетичного потенціалу соломи, технічно доступного об'єму соломи озимої пшениці, встановлений еквівалент умовного палива, який можна замінити даною біомасою. Установлена різниця між викидами від спалювання вугілля і солом'яної біомаси, що доводить необхідність такої заміни для зниження техногенного навантаження на довкілля.

Постановка проблеми. Одним із ряду способів зменшення енергозалежності України від імпортерів енергетичних ресурсів є заміна невідновлювальних видів палива солом'яною біомасою, що повинно вирішити й задачу зниження техногенного навантаження на довкілля.

Реалізація політики поліпшення екології в паливно-енергетичному комплексі повинна проходити паралельно з реалізацією політики енергозбереження та підвищення енергоефективності, що містить у собі оптимізацію структури споживання джерел енергії на користь використання джерел енергії з низьким рівнем викидів вуглецю, а також поступовий перехід на використання відновлюваних і нетрадиційних джерел енергії.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Порушена проблема досліджується як у світовій, так і у вітчизняній науковій літературі. Теоретичні засади та практичні механізми екологічно безпечної та економічно ефективної утилізації біомаси рослинного походження знайшли відображення в працях вітчизняних дослідників, серед яких: А. Долінський, М. Жовмір, Г. Гелетуха, Т. Железна, Е. Олейник, В. Мироненко, В. Дубровін, В. Здановський, В. Білодід, А. Кузнецова, В. Месель-Веселяк та ін. [1, 5]

Україна активно співпрацює із закордонними організаціями, що працюють

в галузі отримання енергії з біомаси: BTG Biomass Technology Group BV (Нідерланди); E.V.A., Austrian Energy Agency (Австрійське енергетичне агентство); KARA Energy Systems (Нідерланди); SCS Engineers (США); Danish Agricultural Advisory Centre (Датський сільськогосподарський консультаційний центр); TNO - MER (Нідерланди); University of Southern Denmark (Університет Південної Данії) та ін.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Незважаючи на накопичені наукові здобутки та значний практичний досвід у сфері технології утилізації біомаси, перспективним напрямком досліджень для України є використання соломи в якості місцевого палива, що розглядається як вирішення екологічних, енергетичних та економічних проблем. Подальшої активізації потребують дослідження по вирішенню актуального завдання – **зниження техногенного навантаження на довкілля** за рахунок заміщення вугілля солом'яною біомасою.

Формулювання мети статті. Солом'яна біомаса є незерною частиною врожаю, листям і стеблами, які залишилися після обмолоту урожаю зернових культур. Особливістю соломи є доступність, значні запаси і простота використання, що вказує на можливість заміни даною біомасою традиційних палив, тим самим зменшуючи екологічне навантаження на довкілля. Тому, метою досліджень є встановлення доступного потенціалу соломи для заміщення вугілля, та визначення можливого зниження викидів CO₂ від такого заміщення.

Результати дослідження. Надлишок соломи 20-40 % можна використовувати як паливо для одержання теплової енергії.

Серед найважливіших зернових культур озима пшениця за посівними площами і валовим збором займає в Україні одне з перших місць і є головною продовольчою культурою.

В основу розрахунку енергетичного потенціалу соломи зернових культур в Україні покладено оцінку теоретично можливого і технічно доступного енергетичного потенціалу солом'яної біомаси тієї чи іншої сільськогосподарської культури по валовому збору даної культури B_{zi} , тис. т: виробництво зернових, всього B_z , тис. т; виробництво озимої пшениці $B_{оз. пш.}$, тис. т.

Теоретичний потенціал являє собою максимальну продуктивність при теоретично оптимальному менеджменті з урахуванням обмежень, що впливають з температури, сонячної радіації та опадів. Технічний потенціал соломи являє собою частку теоретичного потенціалу, доступну за певних технічно-структурних умов та поточних технологічних можливостей. Економічний потенціал – частка технічного потенціалу, що задовольняє критеріям економічної доцільності за даних умов [1].

Всі втрати соломи при збиранні, що залишаються в полі й попадають в ґрунт можна оцінити в межах 10-15 % від біологічного врожаю зернових колосових, коефіцієнт технічної доступності ресурсів 0,85–0,9.

Технічно доступний потенціал соломи визначається за формулою:

$$T_{m0} = B_{zi} \cdot k_{ni} \cdot k_{m0}, \quad (1)$$

де: B_{zi} – виробництво зерна i -ї зернової культури в регіоні (на Україні), тис. т;
 k_{ni} – коефіцієнт відношення мас, приймаємо 1, застосовуючи методологію 1:1 для соломи; $k_{тд}$ – коефіцієнт технічної доступності соломи зернових, приймаємо 0,8.

Оцінити економічний енергопотенціал соломи E_{ci} , тис. т i -ї зернової культури пропонуємо за формулою:

$$E_{c.z.} = T_{тд c.z.} \cdot k_e, \quad (2)$$

де: k_e – коефіцієнт енергетичного використання i -ї зернової культури.

Враховуючи, що 20 % соломи зернових доступні для енергетичного використання, приймаємо коефіцієнт енергетичного використання $k_{e c.z.}$ - 0,2.

З метою енерговикористання лише соломи озимої пшениці (з технологічних міркувань) замість 20 % соломи всіх зернових, знаходимо економічно доцільний коефіцієнт енерговикористання соломи озимої пшениці $k_{e c.оз.пш.}$ як відношення економічного енергопотенціалу соломи зернових $E_{c.z.}$ до технічно доступного потенціалу соломи озимої пшениці $T_{тд c.оз. пш.}$:

$$k_{e c.оз.пш.} = \frac{E_{c.z.}}{T_{тд c.оз.пш.}}. \quad (3)$$

В якості єдиного, узагальнюючого вимірювача енергоресурсів для зіставлення ефективності різних видів палива та сумарного обліку, використовується умовно-натуральний показник – тонна умовного палива (т у.п.) з нижчою теплотою згоряння 1 кг палива – 29,3 МДж/кг (7000 кКал/кг).

В загальному вигляді співвідношення між умовним і натуральним паливом визначається як:

$$B_y = \frac{Q_H^p}{7000} N = K \cdot N, \quad (4)$$

де: B_y – маса еквівалентної кількості умовного палива, тис. т; N – маса натурального палива, кг (тверде та рідке паливо) або м³ (газоподібне); Q_H^p – нижча теплота згоряння даного натурального палива, кКал/кг або кКал/м³; K – калорійний еквівалент, коефіцієнт, що визначає рівноцінну кількість натурального палива для перерахунку за теплотворною здатністю в умовне:

$$K = \frac{Q_H^p}{7000}. \quad (5)$$

Середні калорійні еквіваленти для переведу натурального палива в умовне (рекомендовані при заповненні форм звітності про стан реалізації галузевих та регіональних програм підвищення енергоефективності) [2]: $K_T=1,14$ – калорійний еквівалент для природного газу на 1 тис. м³; $K_B=0,627$ – калорійний еквівалент для вугілля кам'яного на 1 т.

Для соломи калорійний еквівалент приймаємо із розрахунку, що середнє значення нижчої теплотворної здатності h_{ni} побічної продукції рослинництва 14 МДж/кг ($Q_H^p = 3344$ кКал/кг) [3], тоді згідно формули (5) $K_c=0,4777$ – калорійний еквівалент для соломи на 1 т.

Після проведення розрахунків енергетичного потенціалу соломи від загальної кількості зернових в Україні за допомогою табличного процесора Microsoft Excel, отримуємо доступний енергетичний потенціал соломи V_y , тис. т умовного палива. Для перерахунку умовно палива в натуральне N (N_g , тис. м³ газу або N_b , тис. т кам'яного вугілля) використовуємо калорійні еквіваленти. Тоді:

$$N = \frac{V_y}{K} \quad (6)$$

Вибіркові систематизовані дані енергопотенціалу соломи зернових за 2016 рік наведені в табл. 1.

Враховуючи, що озима пшениця в структурі зернових культур України займає близько 40 % і є технічно доступною для використання в енергетиці, пропонуємо використовувати в енергетичних цілях не 20 % від соломи всіх зернових культур, а 39,4 % (див. табл. 1) технічно доступної соломи озимої пшениці, що дасть рівний еквівалент умовному паливу 5,16 млн т у.п. (4,5 млн м³ газу, або 8,1 млн т вугілля) за 2016 рік.

Таблиця 1 – Енергопотенціал соломи зернових ($k_{e.c.z.}=0,2$) і соломи озимої пшениці ($k_{e.c.оз.пш.}$ розрахунковий) в Україні за 2016 рік

Показники	2016 рік
Виробництво зернових V_z , млн т	66,0
Виробництво оз. пшениці $V_{оз.пш.}$, млн т	26,0
% озимої пшениці до зернових	39,4
Коефіцієнт відношення мас k_{ni}	1
Коефіцієнт технічної доступності $k_{тд}$	0,8
Технічно доступний потенціал соломи зернових $T_{тд.c.z.} = V_z \cdot k_{ni} \cdot k_{тд}$, млн т	52,8
Технічно доступний потенціал соломи оз. пшениці $T_{тд.c.оз.пш.} = V_{оз.пш.} \cdot k_{ni} \cdot k_{тд}$, млн т	20,8
Коефіцієнт енерговикористання соломи зернових $k_{e.c.z.}$	0,2
Економічний енергопотенціал соломи зернових $E_{c.z.} = T_{тд.c.z.} \cdot k_{e.c.z.}$, млн т	10,6
Коефіцієнт енерговикористання соломи озимої пшениці $k_{e.c.оз.пш.} = \frac{E_{c.z.}}{T_{тд.c.оз.пш.}}$	0,51
K_c – калорійний еквівалент для соломи	0,4777
Еквівалент умовному паливу, млн т у.п. $V_y = K_c \cdot E_{c.z.}$	5,16
K_g – калорійний еквівалент для газу	1,14
Еквівалент газу, млн м ³ $N_g = \frac{V_y}{K_g}$	4,5
K_b – калорійний еквівалент для вугілля	0,627
Еквівалент вугілля, млн т $N_b = \frac{V_y}{K_b}$	8,1

За статистичними даними споживання палива в усіх опалювальних котельнях, розташованих в сільській місцевості, становить близько 2,9 млн т умовного палива на рік. Наведені дані підтверджують, що надлишок соломи озимої пшениці достатній для забезпечення нею як паливом всіх опалювальних котельних у сільській місцевості.

Для практичних цілей подальшого аналізу зниження техногенного навантаження на довкілля пропонується обґрунтувати екологічну оцінку на такому ключовому показнику як баланс парникових газів. Заміщення вугілля еквівалентною кількістю солом'яної біомаси дасть значне скорочення викидів парникових газів, оскільки спалювання вугілля є одним із суттєвих їх джерел.

Для прийнятих коефіцієнтів утворення CO₂ при спалюванні вугілля та біомаси природний газ, кам'яне вугілля, нафта, мазут і вироблена на їх основі електроенергія є причиною викидів CO₂ в атмосферу. Заміщаючи традиційні джерела енергії на поновлювані і CO₂-нейтральні, наприклад біомасу, можна не тільки скоротити викиди, а й отримати прибуток від продажу квот.

В основу методики розрахунку викидів CO₂ по потенціалу солом'яної біомаси покладена різниця між викидами CO₂ від спалювання вугілля і спалювання солом'яної біомаси, які залежать від багатьох факторів, в т.ч. і від виду вугілля та біомаси. Значення коефіцієнтів утворення CO₂ для вугілля і біомаси можуть суттєво відрізнитися. Тому для подальших розрахунків було прийнято усереднене співвідношення: при спалюванні 1000 кг вугілля утворюється 2000 кг CO₂ (коефіцієнт утворення $K_{\text{вуг CO}_2} = 2$), а при спалюванні 1000 кг біомаси – 40 кг CO₂ (коефіцієнт утворення $K_{\text{б CO}_2} = 0,04$) [4].

Калькулятор скорочення викидів CO₂ при заміщенні викопних палив біомасою, розроблений провідною українською компанією науково-технічним центром «Біомаса» (НТЦБ), що працює в області енергетичного використання біомаси, розробки проектів спільного впровадження в рамках Кіотського протоколу, енергоефективності, енергетичних аудитів, проектування енергетичних об'єктів [5] приводить співвідношення: при заміщенні 1000 т вугілля біомасою скорочення викидів складає 2820 т CO₂ (коефіцієнт заміщення $K_{\text{з CO}_2} = 2,82$).

Усереднені орієнтовні дані по викидах діоксиду сірки, оксидів азоту, оксиду вуглецю були взяті за основу для подальших розрахунків викидів.

Отримані розрахунки значень можливих викидів на Україні, що представлені графічно на рис. 1.

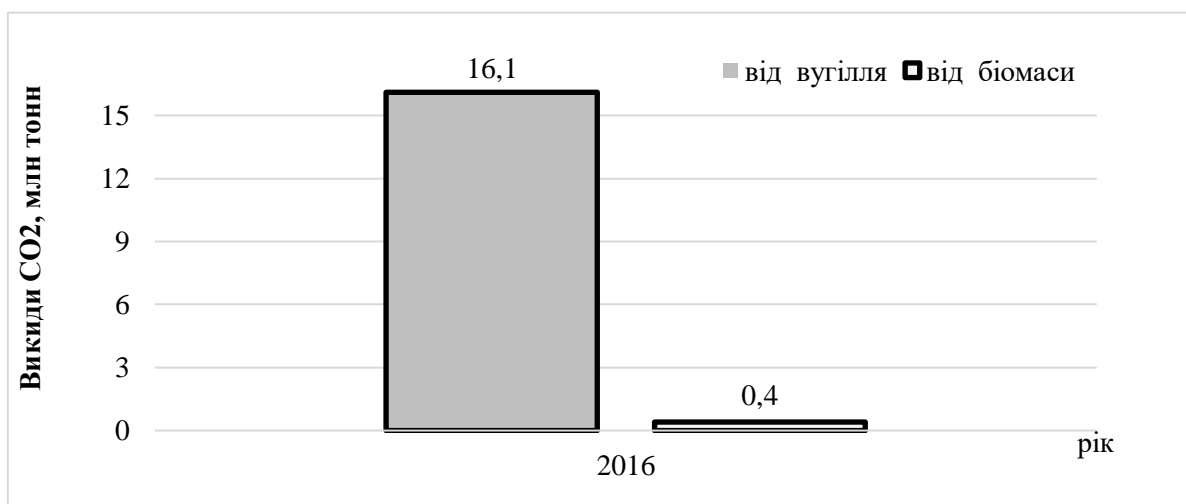


Рис. 1 – Викиди CO₂ від спалювання еквівалентної кількості вугілля і солом'яної біомаси, тис. т

Як видно з рис. 1, різниця між викидами від спалювання вугілля і біомаси в еквівалентній кількості суттєва і згідно розрахунків складає 97,5 %, що доводить необхідність такої заміни з точки зору можливості зниження техногенного навантаження на довкілля.

Якщо розглядати солом'яну біомасу як CO₂-нейтральне паливо, то враховуючи додаткові викиди CO₂ при зборі, транспортуванні і підготовці соломи до спалювання, зниження емісії CO₂ при заміні вугілля на солом'яну біомасу складає близько 90 %. Емісію діоксиду вуглецю, що має місце при виробництві соломи в даній оцінці можна не враховувати, оскільки солома вважається побічним продуктом (або відходом) традиційного сільськогосподарського виробництва.

Технологія виробництва енергії з біомаси може вважатися екологічно доцільною, якщо її впровадження призводить до зменшення викидів парникових газів у порівнянні із застосуванням традиційного палива.

Можливе скорочення викидів CO₂ від заміни частини фактично спаленого вугілля ($K_{\text{вуг CO}_2} = 2$) солом'яною біомасою ($K_{\text{б CO}_2} = 0,04$), приведено в табл. 2.

Зростання вугілля в структурі енергоматеріалів України буде приводити до зростання викидів CO₂ стаціонарними джерелами енергії. При порівнянні викидів CO₂ від стаціонарних джерел забруднення по Україні за 2016 рік з можливими викидами при заміщенні частини фактично спаленого вугілля солом'яною біомасою, скорочення може становити 10,4 %.

Таблиця 2 – Можливе скорочення викидів CO₂ за рахунок заміни частини фактично спаленого вугілля солом'яною біомасою в Україні (за 2016 р.) [6]

Показники	Рік
	2016
Вугілля в структурі енергоматеріалів, %	31,8
Викиди CO ₂ стаціонарними джерелами, млн т	150,6
Скорочення викидів CO ₂ від заміни вугілля біомасою, млн т	15,7
Скорочення викидів CO ₂ від заміни вугілля біомасою, %	10,4

Згідно калькулятора скорочення викидів CO₂ при заміщенні вугілля біомасою ($K_{\text{з CO}_2} = 2,82$) можливе скорочення викидів наведено в табл. 3.

Таблиця 3 – Можливе скорочення викидів CO₂ при заміщенні вугілля солом'яною біомасою в Україні (за 2016 р.) [6]

Показники	Рік
	2016
Викиди CO ₂ стаціонарними джерелами, млн т	184
Скорочення викидів CO ₂ від заміни вугілля, млн т	10,070
Скорочення викидів від заміни вугілля біомасою, %	5,5

По даній методиці скорочення викидів від заміщення вугілля біомасою в процентному відношенні вище ніж по попередній методиці і може складати в середньому 8,7 % від викидів CO₂ стаціонарними джерелами.

Висновки. Використання біомаси є одним з радикальних шляхів вирішення проблеми зниження викидів парникових газів CO₂ в паливних установках, а також зниження викидів інших шкідливих інгредієнтів.

Список використаних джерел

1. Энергетичний потенціал біомаси в Україні/Г.Г. Гелетуца, Т.А. Железна, М. М. Жовмір, Ю.Б. Матвеев // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. – 2010. – № 153. – С. 36–41.
2. Куц Г.О. Калорійні еквіваленти перерахунку палива з натуральних одиниць на умовні / Г.О. Куц, Е.І. Галіновський, В.І. Мельник // Проблеми загальної енергетики. – 2004. – №11. – С. 60–64.
3. Справочник потребителя биотоплива / [В. Варес, Ю. Касък, П. Муйсте. и др.]; под ред. Виллу Вареса. – Таллин: Таллинский технический ун-т, 2005. 183 с.
4. Голованьова Г.М. Перспективи реалізації інноваційних проектів з використанням поновлювальних джерел енергії / Г.М. Голованьова // Управління інноваційним процесом в Україні: проблеми комерціалізації науково-технічних розробок: тези доповідей IV Міжнародної науково-практичної відеоконференції, Львів, 23–24 травня 2012 р. / Національний університет "Львівська політехніка" та ін. – Львів : Видавництво "Львівська політехніка", 2012. – С. 15-16.
5. Научно-технический центр «Биомасса» (НТЦБ) [Електронний ресурс]: Web-сайт. – Електрон. дані та прогр. К.: НТЦБ, 2013. – Режим доступу: <http://biomass.kiev.ua>. – Назва з екрану.
6. Статистичний щорічник України за 2016 рік [Електронний ресурс] / Держ. служба статистики України / відп. за вип. О.А. Вишневська. – Електрон. дані. – К., 2017. – 611 с. – Режим доступу до журн.: http://www.ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/publ1_u.htm – Назва з екрану.

Аннотация

СНИЖЕНИЕ ТЕХНОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ ЗА СЧЕТ ЗАМЕЩЕНИЯ УГЛЯ СОЛОМЕННОЙ БИОМАССОЙ

Семирненко С. Л., Семирненко Ю. И.

Проведены расчеты энергетического потенциала соломы, технически доступного объема соломы озимой пшеницы, установлен эквивалент условного топлива, который можно заменить данной биомассой.

Установлена разница между выбросами от сжигания угля и соломенной биомассы, что доказывает необходимость такой замены для снижения техногенной нагрузки на окружающую среду.

Abstract

REDUCTION OF TECHNOGENIC LOADING ON THE ENVIRONMENT AT THE EXPENSE OF REPLACEMENT OF COAL WITH STRAW BIOMASS

S. Semirnenko, Y. Semirnenko

Calculations of the energy potential of straw, technically available volume of straw of winter wheat, the equivalent of conditional fuel, which can be replaced by this biomass, is established.

The difference between emissions from the combustion of coal and straw biomass is established, which proves the need for such a substitution to reduce the technogenic load on the environment.

УКД: 631:171

ВПЛИВ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ НА ОРГАНІЗМ ЛЮДИНИ

Чалая О. С., к. с.-г. н., Фатєєва Н. Ю., студ.

Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка

Розвиток науково-технічного прогресу виявився настільки бурхливим, що призвів до загострення екологічних проблем та збільшення ризику виникнення екологічних катастроф. При цьому найбільшою небезпекою є забруднення природних середовищ різними хемотоксикантами. Одним з найсильніших за дією і найбільш поширеним хімічним забрудненням є забруднення іонами важких металів. На аналізі літературних джерел досліджено шляхи потрапляння, механізм дії та характер впливу важких металів на природу та на організм людини. Встановлена необхідність ефективних методів виявлення іонів цих металів у різних об'єктах навколишнього середовища.

Ключові слова: *важкі метали, шкідливі речовини, організм, кадмій, ртуть, свинець, навколишнє середовище, захворювання, гранично допустимі норми.*

Актуальність теми. Екологічні проблеми в житті людства на сучасному етапі набувають глобального характеру. Збільшення антропогенного тиску на біосферу, а також відсутність ефективних заходів екологічної безпеки призводять до катастрофічного забруднення навколишнього середовища. Стихійні лиха, техногенні аварії, викиди промислових підприємств є джерелом надходження у довкілля радіонуклідів, важких металів та інших поллютантів. Ці забруднювачі швидко мігрують в компонентах біосфери (повітря, вода, ґрунт – рослини – тварини – людина), накопичуються в них у великих концентраціях, а відтак по харчових ланцюгах потрапляють на стіл людини, призводячи до появи різних небезпечних хвороб [1].

У зв'язку з цим, виникає необхідність дослідження характеру міграції важких металів у харчових ланцюгах, їх впливу на компоненти довкілля та організм людини.

Мета роботи: теоретично дослідити специфічні властивості сполук важких металів, їхню біологічну роль, ступінь токсичності, шляхи потрапляння та їх вплив на організм людини.

Матеріали досліджень та огляд літератури. Серед багатьох забруднювачів навколишнього середовища, особливе місце займають важкі метали. Важкі метали - це умовна назва металів, які мають щільність понад 6 г / см^3 , відносну атомну масу понад 50 а.о.м., більшість з яких токсичні (цинк, кадмій, ртуть, хром, свинець та інші) [2].

Згідно з Харчового кодексу розробленого комісією ФАО та ВООЗ, найбільш небезпечними з них є Ртуть, Кадмій і Плюмбум. Ці елементи мають значно виражені токсикологічні якості, навіть при самих низьких концентраціях.

Джерела надходження важких металів поділяються на природні (вивітрювання гірських порід та мінералів, ерозійні процеси, вулканічна діяльність) і техногенні (видобуток і переробка корисних копалин, спалювання палива, рух транспорту, діяльність сільського господарства).

Найбільш інтенсивними джерелами надходження цих металів в навколишнє середовище є підприємства металургійної і хімічної промисловості, згорання твердого і рідкого палива, пестициди, промислові відходи. За даними ряду авторів за рахунок антропогенних джерел у середовище надходить 94 – 97 % Плюмбу, 84 – 89 %, Кадмію, 56 – 87 % Купруму, 66-75 % Нікелю та до 60 % Ртуті. З кожним роком забруднення цими речовинами ґрунтів, води, повітря зростає [3].

Про есенціальність Кадмію та Плюмбу відомо дуже мало, в більшості випадків ці елементи розглядаються в аспекті їх токсичності. Але слід відмітити, що ці елементи містяться в тканинах організму, як нормальна їх складова частина. Так за даними Крамаренко В.П. [4]. Кадмій утримується у печінці у межах 0,64 - 6,68 мг%, у нирках - 1,32 - 8,48 мг%, Плюмбум відповідно у печінці в кількості 0,13 мг%, нирках - 0,027мг%, селезінці - 0,03 мг%, легенях - 0,028 мг%, серцевому м'язі - 0,038 мг%, скелетному м'язі - 0,01 мг%, головному мозку - 0,013 мг%.

У кінці минулого століття було встановлено, що Кадмій є необхідним елементом, який грає важливу роль у фізіологічних процесах, а його нестача може призвести до зниження росту і порушенню відтворення у тварин [5]. Що стосується есенціальності Плюмбу, то за даними А.П. Авцина [1] при його дефіциті у тварин спостерігається значне зниження рівня заліза у крові та ступінь насичення їм трансферина. Також відомо, що Плюмбум приймає участь у обмінних процесах кісткової тканини.

Випадків дефіциту Кадмію та Плюмбу для живих організмів в природі не існує, а надмірне надходження цих елементів, яке спостерігається якнайдалі частіше, внаслідок погіршення екологічної ситуації, призводять частіше до прояву їх токсичної дії, завдаючи велику загрозу здоров'ю живим організмам.

Результати моніторингу безпеки харчових продуктів за останні роки показали, що від 0,80 до 3,82 % вивчених проб харчових продуктів (по Україні) перевищували гігієнічні регламенти за Плюмбумом; 0,60 – 4,68 % - по ртуті; 1,09 – 1,75 % - за Кадмієм. До 10 % проб харчових продуктів містять солі важких металів і половина з них – у дозах, що перевищують гранично допустимі концентрації (ГДК) [6].

Механізм їх токсичної дії в основному обумовлений:

- зниженням активності ферментів,
- утворенням хелатів і порушенням обміну речовин,
- взаємодією з клітинними мембранами і зміною їх проникності,
- конкуренцією з хімічними елементами, які є життєво необхідними для організму [7].

Шкідливі речовини можуть проникати в організм людини через органи дихання, органи травлення, а також шкіру. Через дихальні шляхи потрапляють пари, газо- та пилоподібні речовини, через шкіру переважно рідкі речовини. Через шлунково-кишкові шляхи потрапляють речовини разом із їжею (в складі харчових продуктів) або під час їжі (через забруднені руки при недотриманні санітарно-гігієнічних умов).

Встановлено, що основним джерелом (до 70%) надходження важких металів у організм людини є харчові продукти і їх неконтрольоване забруднення може викликати серйозні наслідки у організмі [8].

Токсиканти, що потрапили тим, чи іншим шляхом в організм можуть викликати отруєння (гострі чи хронічні). Ступінь отруєння залежить від токсичності речовини, її кількості, часу дії, шляху проникнення, метеорологічних умов, індивідуальних особливостей організму. Гострі отруєння виникають в результаті одноразової дії великих доз шкідливих речовин. Хронічні отруєння розвиваються внаслідок тривалої дії на людину невеликих концентрацій шкідливих речовин.

Однак хемотоксиканти, що потрапили в організм людини спричинюють порушення здоров'я лише в тому випадку, коли їхня кількість у повітрі, продуктах харчування, воді перевищує граничну допустиму їх величину.

Таким чином, важливим напрямом в охороні навколишнього середовища та здоров'я людини є контроль за надлишковим утриманням мікроелементів у атмосфері, воді, ґрунтах, кормах тварин та їжі людини. Для того, щоб оцінити небезпеку токсичних речовин, що утримуються у продуктах, для здоров'я людини, знайдені рівні токсинів порівнюють із допустимими.

Як вже зазначалося, найбільш небезпечними важкими металами є Меркурій, Кадмій і Плюмбум.

Меркурій (Hg) належить до найпоширеніших у природі мікроелементів, вона легко утворює велику кількість органічних і неорганічних сполук, значна частина яких отруйна. Рідкий меркурій не має виражених токсичних властивостей. У минулому її навіть використовували при лікуванні завороту кишківнику. Однак випари Меркурію згубно впливають на організм, вражаючи центральну нервову систему. Хронічне отруєння Меркурієм може статись при вмісті у повітрі її сотих часток. Хвороба прогресує швидко, виражаючись

втомленістю, підвищеною збудливістю з наступним ослабленням пам'яті, головними болями тощо. Крім того, Меркурій здатен накопичуватися в організмі рослин, тварин і людини.

Джерелами забруднення сільськогосподарських продуктів Меркурієм є пестициди, а морських та річкових – стоки целюлозної і паперової промисловості, а також хімічних підприємств.

У повітрі ГДК для Меркурію становить $0,0003 \text{ мг/м}^3$, у воді – $0,0005 \text{ мг/л}$.

Мікрокількості Меркурію постійно присутні в організмі людини (приблизно 10 мг) і в основному акумулюються у нирках і печінці. При надходженні в легені Меркурій затримується повністю. Виведення її з організму здійснюється усіма залозами кишково-шлункового тракту, нирками, потовими, молочними і слинними залозами. Період напіввиведення становить 71 добу.

В харчових продуктах рослинного походження вміст Меркурію не перевищує 100 мкг/кг. У продуктах тваринництва Меркурій міститься ще в менших кількостях – до 70 мкг/кг. М'ясо риби відрізняється найвищим вмістом Меркурію та її сполук: прісноводної риби 100 – 500 мкг/кг, океанської – 300 – 600 мкг/кг. При забрудненні річок, морів та океанів Меркурієм її рівень в організмах риб значно збільшується і стає небезпечним для здоров'я людини. При варінні риби та м'яса концентрація цього токсиканту в них зменшується, при аналогічній обробці грибів – залишається без змін.

Механізм токсичної дії Меркурію на людський організм пов'язують з її взаємодією з молекулами білків. Неорганічні сполуки Меркурію порушують обмін аскорбінової кислоти, піридоксину, Кальцію, Купруму, Цинку, Селену; органічні – обмін білків, цистеїну, аскорбінової кислоти, токоферолів, Феруму, Купруму, Мангану, Селену.

Органічні сполуки Меркурію накопичуватися в організмі до небезпечних концентрацій, дуже повільно розкладаються та виводяться з організму.

Допустима добова доза Меркурію, встановлена ФАО/ВООЗ, становить 0,05 мг.

Кадмій (Cd) широко застосовується в металургійній промисловості, входить до складу деяких барвників, здатен накопичуватись у фосфорних добривах і біогенних осадах. В природі в повітря поступає в наслідок вулканічного виверження та шляхом вивільнення його з рослин, але ж антропогенний внесок надходжень Кадмію в атмосферу у 3 рази перевищує надходження його звичайним шляхом. Встановлено, що 80% цього металу надходить в організм людини з їжею, 20% через легені з атмосфери та при курінні. Доросла людина з раціоном отримує до 150 мкг/кг Кадмію на добу.

Кадмій міститься в багатьох рослинних продуктах, мкг/кг: зернові – 28 – 95; горох – 15 – 19; картопля – 12 – 50; помідори – 10 – 30; фрукти – 9 – 42; рослинна олія – 10 – 50; гриби 100 – 500. В продуктах тваринного походження (в середньому), мкг/кг: молоко – 2,4; сир – 6; яйця – 23 – 250.

Відомо про тератогенну, мутагенну та канцерогенну дію Кадмію. Цей токсикант блокує роботу важливих для життєдіяльності організму ферментів. Крім того, він пошкоджує печінку, нирки, підшлункову залозу, здатен визвати емфізему або навіть рак легень. Сполуки Кадмію знижують резистентність

організму до хвороб. Як мутаген Кадмій негативно впливає на спадковість, руйнує еритроцити крові, спричиняє виникнення захворювань нирок і сім'яних залоз, гастрит та анемію.

Кадмій відіграє негативну роль у розвитку серцево-судинних захворювань, підвищує кров'яний тиск. Крім того, надлишок Кадмію в організмі підсилює процеси катаболізму колагену у кістковій тканині, інгібує синтез білку в печінці, впливає на фосфорно-кальцієвий обмін в організмі, сприяє збільшенню концентрації Купруму, Цинку та Молібдену у нирках і зниженню рівня Цинку в печінці і м'язах, а також Феруму в печінці, нирках і крові. Іони Кадмію здатні витіснити іони Кальцію із сполук, що входять до складу кісток, і накопичуватися в них. Внаслідок цього значно збільшується ламкість кісток. За дії солей Кадмію зменшується утримання аскорбінової кислоти в багатьох органах [9].

Цей мікроелемент, за припущеннями дослідників, спричиняє онкологічні захворювання. Рак легенів, вірогідно, є результатом тривалої дії аерозолу кадмій оксиду, що надходить в організм з тютюновим димом, оскільки серед постраждалих від раку легенів 80 – 90% курці. Тютюн акумулює кадмій, що надходить з ґрунту в кількості до 2 мг/кг, що в багато разів перевищує гранично допустимий його вміст в основних продуктах харчування.

Курці, особи, зайняті на виробництвах, які використовують Кадмій, часто хворіють емфіземою легень, а ті, хто не палить, – бронхітами, фарингітами та іншими захворюваннями органів дихання. Найсерйознішим наслідком кадмієвої токсикації є ниркова недостатність, зниження інтенсивності виведення з організму багатьох токсинів.

За рекомендаціями ВООЗ допустима добова доза Кадмію приблизно складає 70 мкг, однак реальне його надходження з їжею і повітрям досягає 150 мкг/добу.

Плюмбум (Pb) був відомим і використовувався людиною ще 2000 років до н.е. В давні часи в деяких країнах з нього виготовляли статуї богів, різні предмети побуту, а пізніше римляни виготовляли з нього водопровідні труби. На сьогоднішній день Плюмбум також дуже широко використовується людиною для виготовлення електродів акумуляторів, оболонок кабелів, компонентів типографічних сплавів, для захисту від іонізуючого випромінювання. Велика кількість металу йде на виготовлення важливого продукту тетраетил свинцю – антидетонаційного компонента пального.

Основними джерелами забруднення Плюмбумом навколишнього середовища є металообробна промисловість, транспорт, стічні води. Його щорічні промислові і транспортні викиди становлять близько 400000 т

Сьогодні практично всі харчові продукти, вода та інші об'єкти навколишнього середовища забруднені Плюмбумом. У результаті виробничої діяльності в природні води щорічно потрапляє 500 – 600 тис. тонн Плюмбуму, а на поверхню Землі через атмосферу його осідає до 400 тис. тонн. У повітря основна частина Плюмбуму (260 тис. тонн) викидається відпрацьованими газами автотранспорту, а також (до 30 тис. тонн) при спалюванні кам'яного вугілля. Подвоєння його вмісту у повітрі відбувається через кожних 14 років. Основною формою його перебування у повітрі є тонкі аерозолі оксидів. У районах

автомагістралей їх може бути до 40 мкг/м . У країнах, де використання бензину з домішками тетраетилсвинцю зведено до мінімуму, вміст оксидів свинцю у повітрі менший на 25%.

Середня кількість Плюмбуму, що потрапляє в організм з харчовими продуктами, становить 250 – 300 мкг в день, з повітря - 90 мкг. При обробці продуктів основним шляхом потрапляння Плюмбуму є жерстяний посуд, в яку зазвичай упаковують харчові вироби. Так, встановлено, що біля 20% Плюмбуму у щоденному раціоні людей надходить з консервованої продукції, в тому числі від 13 до 14% з посуду, а 6 – 7% – з самого продукту.

Середній вміст Плюмбуму в харчових продуктах становить, мг/кг: фрукти – 0,01 – 0,6; овочі – 0,02 – 1,60; крупи – 0,03 – 3,00; хлібобулочні вироби – 0,03 – 0,82; м'ясо та риба – 0,01 – 0,78; молоко – 0,01 – 0,10.

Токсична дія Плюмбуму полягає не тільки у впливі на репродуктивні функції, а й взагалі це є високотоксична політропна отрута, яка пошкоджує кровотворну, нервову, травну, сечовидільну, серцево-судинну та ендокринну системи і викликає порушення багатьох обмінних процесів. Плюмбум впливає на біосинтез гемоглобіну, нуклеїнових кислот, протеїнів, різних гормонів. Біля 90-95 % накопиченого у організмі людини Плюмбуму «депоновано» у кістках, що створює велику небезпеку хронічної інтоксикації. Характерним клінічним проявом токсичної дії Плюмбуму є анемія, яка пов'язана з порушенням обміну порфірину та біосинтезу гема, що прискорює руйнування гемоглобіну і зменшує його кількість у крові [10].

За даними ВООЗ допустима добова доза Плюмбуму становить 0,007 мг/кг маси тіла.

Список використаних джерел

1. Ачасова А. Просторова неоднорідність вмісту важких металів у ґрунті // Вісник аграрної науки. - 2003. - № 3.
2. Балюк С. Оцінка забруднення зрошувальної води і ґрунтів важкими металами // Вісник аграрної науки. - 2003. - № 1.
3. Карачка В.В. Вплив викидів хімічного заводу на забруднення ґрунту важкими металами // Вісник аграрної науки. - 2005. - № 6. - С. 81-83
4. Кравців Р.Й. Продуктивність та обмін речовин у лактуючих корів за різного вмісту важких металів у раціонах // Вісник аграрної науки. - 2004. - № 1. - С.29-31
5. Торшин С.П., Удельнова Т.М., Ягодин Б.А. Микроэлементы, экология и здоровье человека // Успехи современной биологии. Вып. 2. М., 1990.С.279-292.
6. Оксенгендлер Г.И. Яды и противоядия.- Л.: Наука, 1982.-192с.
7. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях: Пер. с англ.-М.:Мир, 1989.-439с.
8. Авцын А.П. Микроэлементозы человека: этиология, классификация, органопатология / А. П. Авцын [и др.]. - М. : Медицина, 1991. – 496 с.

9. Гигиенические основы охраны продуктов питания от вредных химических веществ / Под ред. Р.Д. Габович, Л.С. Припутина – К.: Здоров'я, 1987. – 248 с.
10. Кудубова Л. И. Токсиканты в пищевых продуктах. Аналит. обзор / Л.И. Кудубова // АН СССР. – Новосибирск. - 1990. – 127 с.

Аннотация

ВЛИЯНИЕ ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА

Чалая О. С., Фатеева Н. Ю.

Развитие научно-технического прогресса оказалось настолько бурным, что привело к обострению экологических проблем и увеличению риска возникновения экологических катастроф. При этом наибольшей опасностью является загрязнение природных сред различными хемотоксикантами. Одним из самых сильных по действию и наиболее распространенным химическим загрязнением является загрязнение ионами тяжелых металлов. На анализе литературных источников исследованы пути попадания, механизм действия и характер влияния тяжелых металлов на природу и на организм человека. Установлена необходимость эффективных методов обнаружения ионов этих металлов в различных объектах окружающей среды.

Ключевые слова: *тяжелые металлы, вредные вещества, организм, кадмий, ртуть, свинец, окружающая среда, заболевания, предельно допустимые нормы.*

Abstract

THE INFLUENCE OF HEAVY METALS ON THE HUMAN BODY

O. Chalaya, N. Fateieva

The development of scientific and technological progress has turned out to be so rapid, which has led to an aggravation of environmental problems and an increase in the risk of environmental disasters. At the same time, the greatest danger is the pollution of natural environments with various chemotoxicants. One of the most powerful and most common chemical contamination is the contamination of heavy metal ions. In the analysis of literary sources, the ways of exposure, the mechanism of action and the nature of the influence of heavy metals on nature and on the human body have been investigated. The necessity of effective methods of detecting ions of these metals in different objects of the environment is established.

Key words: *heavy metals, harmful substances, organism, cadmium, mercury, lead, environment, diseases, maximum allowable norms.*

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ОТРИМАННЯ БІОГАЗУ З ВІДХОДІВ І СИРОВИНИ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ФЕРМ

Василенко О. О., к.т.н, доц.

Сумський національний аграрний університет

Розглядається використання ефекту кавітації для підготовки субстрату-матеріалу для отримання біогазу з відходів та сировини сільськогосподарського виробництва у новій розробленій біогазовій установці, в якій застосований гідродинамічний теплогенератор-деструктор двоспірального термодинамічного типу. Особливістю цієї біогазової установки, призначеної для середніх і великих фермерських господарств, є наявність спеціальної ємності для підготовки сировини, звідки воно подається за допомогою компресора в реактор. Установка забезпечена автоматичним відбором біогазу і газгольдером для його зберігання. Наявність системи обігріву дозволяє експлуатувати біогазову установку у всіх режимах зброджування. Такі біогазові установки оснащені блоковими теплоелектроцентралями, які виробляють теплову та електричну енергію. Ці прилади дуже прості в експлуатації і не вимагають частого ремонту. Під впливом спрямованої і керованої кавітації в біологічному сировину рвуться складні зв'язки волокон органічних речовин на молекулярному рівні. Як наслідок цього процесу, дисперсність біологічної сировини значно збільшується, і її частки зменшуються в розмірах. Таким чином, для штамів бактерій, які беруть участь в процесі утворення біогазу, створюються більш сприятливі умови для розкладання біогенних матеріалів завдяки руйнуванню неоднорідності їх структури і, відповідно, збільшення площі покриття бактеріями біологічної сировини. У даній установці можливо використовувати як сировину найрізноманітніші субстрати. По-перше, поновлюване джерело енергії - наприклад, рослинні культури, такі як кукурудза, трава, хлібні злаки і, по-друге, залишки від продуктів харчової та переробної промисловості, такі як гній великої рогатої худоби та свиней, пташиний послід, жири, відходи рослин і т.д.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. Біогаз – це газ, який виробляється із органічних відходів (відходів їжі, тваринництва) з допомогою бактерій і має склад, подібний до природного газу: до 98% метану, а також сірководень, вуглекислий газ, воду тощо. Біогаз має низку переваг перед природним газом, а саме [1]. В умовах зростаючого попиту на енергоресурси і зростання тарифів на них, за статистичними даними в Україні, загальна кількість органічних відходів сільського господарства щорічно складає 158 млн т, з яких можна отримати 6 млрд м³ біогазу або близько 15 млрд кВт/год електроенергії. Велика частина відходів припадає на АПК - стебла, гній, солома. При цьому щорічний збиток від відходів агропромислового комплексу оцінюється в 45 млн.гривень. Таким

чином, розвиток біогазової промисловості має йти в двох напрямках: створення великих біоенергетичних станцій і створення фермерських біогазових установок, що має стимулювати розвиток біогазових технологій. Використання нових технологій дозволить вирішити в сільській місцевості:

- проблему відходів;
- допомогти в енергозабезпеченні та енергозбереженні;
- підвищити родючість ґрунтів, а відповідно, і врожаю, що значно збільшить рентабельність установок і скоротить терміни окупності.

Аналіз останніх досліджень та публікацій, в яких започатковано розв'язання даної проблеми і на які посилається автор.

Над проблемами виробництва і споживання біогазу працює низка зарубіжних та вітчизняних вчених, серед яких D. Deublein, A. Steinhäuser, N. Board, D. House, Г. М. Калетнік, Таврійський державний агротехнологічний університет 339 В. О. Дубровін, М. О. Корчемний, Г. Г. Гелетуша, Ю. В. Кернасюк, М. О. Корчемний, М. Кобець та інші. Більшість авторів роблять акцент або на технічних сторонах процесу отримання біогазу, або на зарубіжному досвіді, тому необхідним є обґрунтування економічних аспектів біогазового виробництва в Україні.

Формулювання мети статті. Метою дослідження є вивчення перспектив виробництва та використання біогазу в Україні, а також дослідження ефекту кавітації для підготовки субстрату-матеріалу для отримання біогазу з відходів та сировини сільськогосподарського виробництва у новій розробленій біогазовій установці, в якій застосований новостворений гідродинамічний теплогенератор - деструктор двозернистого термодинамічного типу.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових даних.

Біогазова установка - це елемент сучасного, безвідходного виробництва в багатьох галузях сільського господарства та харчової промисловості.

Основа будь-якої біогазової установки - біореактор. До його конструкції пред'являються досить жорсткі вимоги. Так, корпус повинен бути міцним, при абсолютній герметичності стінок. Обов'язкова хороша теплоізоляція стінок і їх здатність надійно протистояти корозії. При цьому повинна бути передбачена можливість завантаження і спорожнення реактора, а також доступ до його внутрішнього простору для обслуговування [2].

Технологічний процес здійснюється наступним чином. Субстрат з тваринницького приміщення надходить в ємність для попередньої підготовки, далі фекальних насосом субстрат циркулює по замкнутому контуру через деструкцію. Спеціально спроектований деструктор дозволяє створювати в його порожнині ефект кавітації, руйнівна сила якої використовується для додання вихідній сировині однорідної і гомогенної консистенції.

Під впливом спрямованої і керованої кавітації в біологічному сировину рвуться складні зв'язку волокон органічних речовин на молекулярному рівні. Як наслідок цього процесу, дисперсність біологічної сировини значно збільшується, і його частки зменшуються в розмірах. Таким чином, для штамів бактерій, які беруть участь в процесі утворення біогазу, створюються більш сприятливі умови

для розкладання біогенних матеріалів завдяки руйнуванню неоднорідності їх структури і, відповідно, збільшення площі покриття бактеріями біологічної сировини. Після підготовки завантажують в реактор попереднього бродіння, де протягом 2 - 3 діб відбувається попереднє бродіння продукту, при цьому нагрів на даній стадії не потрібен, що дозволяє економити. Одночасно пристроєм, субстрат переміщується в метантенк, де здійснюється анаеробне зброджування.

Використання двоспірального деструктора, обумовлено в'язкістю субстрату, а також довжиною реактора. При переміщенні, в якому досить важко використовувати інші типи перемішуючих пристроїв. Установка забезпечена автоматичним відбором біогазу і газгольдером для його зберігання. Наявність системи обігріву дозволяє експлуатувати біогазову установку у всіх режимах зброджування. Такі біогазові установки оснащені блоковими теплоелектроцентралями, які виробляють теплову та електричну енергію. Ці прилади дуже прості в експлуатації і не вимагають частого ремонту. Під впливом спрямованої і керованої кавітації в біологічному сировину рвуться складні зв'язку волокон органічних речовин на молекулярному рівні. Як наслідок цього процесу, дисперсність біологічної сировини значно збільшується, і її частки зменшуються в розмірах. Таким чином, для штамів бактерій, які беруть участь в процесі утворення біогазу, створюються більш сприятливі умови для розкладання біогенних матеріалів завдяки руйнуванню неоднорідності їх структури і, відповідно, збільшення площі покриття бактеріями біологічної сировини. Для нормального протікання бродіння необхідна слабко - лужна реакція середовища ($\text{pH} = 6,7 - 7,6$). Розщеплення органіки на окремі складові і перетворення в метан може проходити лише у вологому середовищі, оскільки бактерії можуть переробляти речовини тільки в розчиненому вигляді. У зв'язку з цим бродіння твердих субстратів має відбуватися з додаванням води.

Реактор сконструйований так, що йде безперервний процес газоутворення, так як присутні всі стадії анаеробної переробки гною. У зв'язку з об'єднанням режимів зброджування в єдиний цикл (реактор) трьох стадій метанового зброджування був розроблений дослідний зразок установки для отримання біогазу безперервної дії. Біореактор є газонепроникним, повністю герметичним резервуаром, що покритий теплоізолююваним шаром утеплювача. У середині біореактора підтримується фіксована температура, необхідна для життєдіяльності мікроорганізмів. Підігрів біореактора здійснюється теплою водою. Система підігріву - це мережа трубок, які перебувають на внутрішній стінці поверхні біореактора, в якому відбувається утворення газу з субстратів [3-4].

Висновки з даного дослідження.

Виходячи з вищевикладеного, можна сказати, що прогрес у використанні біогазових установок призводить до суттєвого підвищення ефективності їх роботи. Можливість вирішення не тільки енергетичних, але і екологічних і агрохімічних проблем дозволили значно підвищити рентабельність таких установок і істотно скоротити терміни окупності. Кризові явища в економіці України так і не зупинили зростання тарифів, що ще більше підвищить привабливість біогазових установок в нових економічних реаліях.

Список використаних джерел

1. Сидоров Ю. І., Мельниченко О. С., Новіков В. П., Влязло Р. Й. Розрахункова модель безперервноговиробництвабіогазу та їїекономічнийаналіз // Вісник НУ «Львівськаполітехніка». - 2004. - № 497. - С. 65-70.
2. Сидоров Ю. І., Дрога Т. О., Влязло Р. Й. Розрахунковімоделівиробництвагексоз з деревиникислотним і ензиматичним способами та їхпорівняння // Там само. - 2005 - № 536. - С. 87-94.
3. Ацакатов М. Биоэнергия - иллюзия или реальность? // Полярная Звезда - сетевой журнал. - <http://zvezda.ru/econo-mics/2007/06/26/bio.htm>.
4. Смирнов О. П. Энергосбережение и экология. Перспективы развития производства биогаза в Украине. - eneco.com.ua/libra-ry/7/52/.
5. Vandevivere P., De Baere L., Verstraete W. Types of anaerobic digesters for solid wastes // Biomethanization of the Organic Fraction of Municipal Solid Wastes, J. Mata-Alvarez, Editor. - Barcelona: IWA Publishing, 2002. - P. 111-140.
6. ЕринаТ. Э., ВинароваА. Ю. Биотехнология ускоренной аэробной переработки навоза и ее аппаратурное оформление. - http://conf.bstu.ru/articles/list/?conf_id=11&sort=day&page.
7. Brochure: ID 2PAD™ Two-phase Anaerobic Digestion System. - www.wateronline.com/download.mvc/ID-2PAD-Two-phase.
8. Nizami A. S., Murphy J. D. What type of digester configurations should be employed to produce biomethane from grass silage? // Renewable and Sustainable Energy Reviews. - 2010. - V. 14. - P. 1558- 1568.

Аннотация

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ БИОГАЗА ИЗ ОТХОДОВ И СЫРЬЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ФЕРМ

Василенко О. А.

Рассматривается использование эффекта кавитации для подготовки субстрата-материала для получения биогаза из отходов и сырья сельскохозяйственного производства в новой разработанной биогазовой установке, в которой применен вновь гидродинамический теплогенератор - деструктор двухспирального термодинамического типа. Особенностью этой биогазовой установки, предназначенной для средних и крупных фермерских хозяйств, является наличие специальной емкости для подготовки сырья, откуда оно подается с помощью компрессора в реактор. Установка снабжена автоматическим отбором биогаза и газгольдером для его хранения. Наличие системы обогрева позволяет эксплуатировать биогазовую установку во всех режимах сбраживания. Такие биогазовые установки оснащены блочными теплоэлектроцентралями, которые производят тепловую и электрическую энергию. Эти приборы очень просты в эксплуатации и не требуют частого ремонта. Под воздействием направленной и управляемой кавитации в

биологическом сырье рвутся сложные связи волокон органических веществ на молекулярном уровне. Как следствие этого процесса, дисперсность биологического сырья значительно увеличивается, и ее доли уменьшаются в размерах. Таким образом, для штаммов бактерий, которые участвуют в процессе образования биогаза, создаются более благоприятные условия для разложения биогенных материалов благодаря разрушению неоднородности их структуры и, соответственно, увеличение площади покрытия бактериями биологического сырья. В данной установке можно использовать как сырье сами субстраты. Во-первых, возобновляемый источник энергии - например, растительные культуры, такие как кукуруза, трава, хлебные злаки и, во-вторых, остатки от продуктов пищевой и перерабатывающей промышленности, такие как навоз крупного рогатого скота и свиней, птичий помет, жиры, отходы растений и т.д.

Abstract

MODELING OF THE PROCESS FOR BIOGAS PRODUCTION FROM WASTE AND RAW MATERIAL OF AGRICULTURAL FARM

O. Vasylenko

The use of the cavitation effect to prepare the substrate material for the production of biogas from waste and raw materials of agricultural production in a new biogas plant developed in which a hydrodynamic heat generator - a destructor of a dual thermodynamic type is used. The peculiarity of this biogas plant, intended for medium and large farms, is the availability of a special container for the preparation of raw materials, from which it is supplied with a compressor to the reactor. The plant is equipped with automatic biogas selection and gas storage for storage. The existence of a heating system allows the biogas plant to be operated in all fermentation regimes. Such biogas plants are equipped with block thermal power plants that produce heat and electric energy. These devices are very easy to operate and do not require frequent repair. By the action of directed and controlled cavitation in the biological raw material, complex interactions of the fibers of organic substances at the molecular level are torn. As a consequence of this process, the dispersion of biological feedstocks increases significantly, and its proportions decrease in size. Thus, strains of bacteria that participate in the process of biogas production create more favorable conditions for the decomposition of biogenic materials due to the destruction of the heterogeneity of their structure and, consequently, the increase of the area of coverage with bacteria of biological raw materials. In this installation you can use as the raw material of the substrate. First, the renewable energy source - for example, plant crops such as corn, grass, cereals and, secondly, residues from food and processing industries such as cattle and pigs, bird droppings, fats, waste plants, etc.

ДОСЛІДЖЕННЯ СТІЙКОСТІ РУХУ ДВОВІСНОГО ПРИЧЕПА ПРИ РОБОТІ З БУРЯКОЗБИРАЛЬНИМ КОМБАЙНОМ

Єсіпов О. В., к.т.н., доц., Поляшенко С. О., к.т.н., доц.

Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка

Проаналізовані умови стійкого руху тракторного поїзда, та фактори що впливають на характер коливального руху причепів

Вступ. Цукровий буряк в Україні є однією з основних культур сільськогосподарського виробництва. Якість збирання цукрового буряка багато в чому визначається забезпеченням синхронності руху бурякозбирального комбайна і транспортного агрегату.

При використанні в якості транспортного агрегату колісного трактора з причепом синхронність руху бурякозбирального комплексу знижується при різному завантаженні причепа.

Мета і постановка задачі: Метою дослідження є визначення умов керованості колісного трактора з причепом при спільній роботі з бурякозбиральним комбайном.

Рішення задачі дослідження. Для дослідження малих коливань (виляння) двовісного причепа скористаємося плоскою розрахунковою моделлю (рис.1), яка розроблена на основі моделі двовісного причепа, запропонованої в роботі.

Приймаємо, що трактор рухається з постійною швидкістю v по рівній горизонтальній поверхні, його зчпний пристрій володіє жорсткістю s і демпфуванням з коефіцієнтом опору k .

На причіп при коливанні діє поперечні сили пружності $s\gamma_A$ і демпфірування $k\dot{\gamma}_A$ в зчпний пристрій трактора; бічні реакції від дороги на колесах передньої $P_{\delta 1}$ і задньої $P_{\delta 2}$ осей; сили опору руху передньої P_{f1} і задньої P_{f2} осей причепа; момент тертя в поворотному колі M_T і моменти опору повороту коліс передньої M_{c1} і задньої M_{c2} осей причепа.

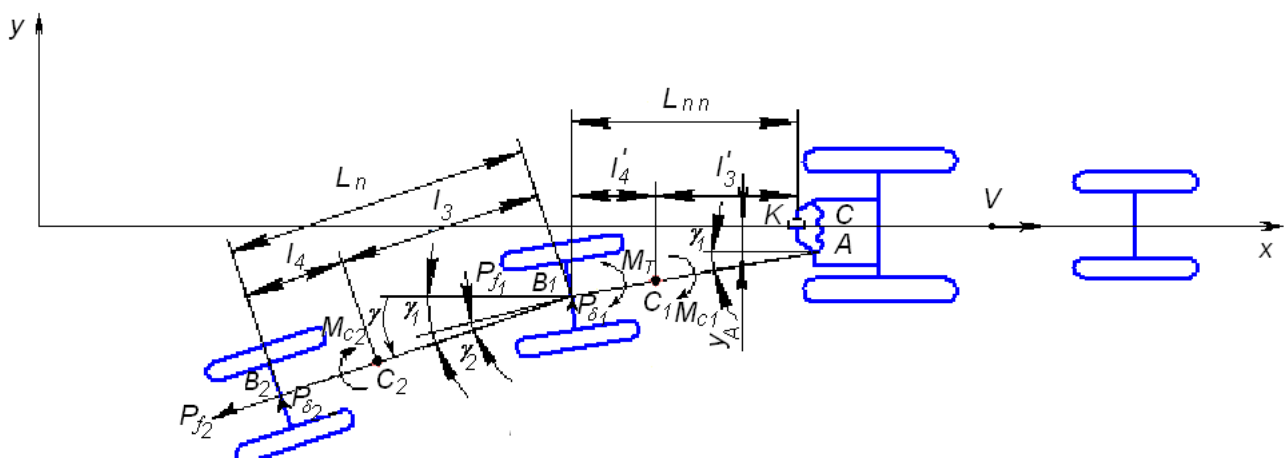


Рис. 1 – Схема для дослідження малих коливань двовісного причепа

Точка зчїпки А переміщається в поперечному напрямку γ_A , передня частина причепа здійснює коливальні рухи відносно точки зчїпки і відхиляється від напрямку, паралельного поздовжньої осі трактора, на кут γ_1 . Задня частина причепа коливається щодо середини передньої осі і відхиляється від поздовжньої осі передньої частини на кут γ_2 . У той час, як задня частина причепа відхилиться на кут γ_2 , її поздовжня вісь утворює кут γ з напрямком, паралельним поздовжньої осі трактора, який дорівнює сумі кутів γ_1 і γ_2 , т. е. $\gamma = \gamma_1 + \gamma_2$.

Розглянемо малі коливання причепа. У цьому випадку синуси кутів γ_1 і γ_2 рівні їхніх аргументів, а косинуси цих же кутів дорівнюють одиниці. Моменти опору повороту коліс передньої і задньої осей причепа при малих коливаннях незначні, ними можна знехтувати. Бічні сили, що діють на колеса однієї осі, можна вважати однаковими і замінити їх сумарною силою, прикладеної в середині кожної осі. Щоб скласти рівняння коливального руху двовісного причепа у вигляді рівнянь Лагранжа другого роду, напишемо вираження для кінетичної енергії:

$$T = 0,5(m_1 y_{c1}^2 + m_2 y_{c2}^2 + J_1 \gamma_1^2 + J_2 \gamma_2^2);$$

- потенційної енергії: $E_p = 0,5 c y_A^2$;
- функції розсіювання: $R = 0,5 k y_A^2$;
- узагальненої сили по координаті y :

$$Q_y = P_{f1} \sin \gamma_1 + P_{f2} \sin \gamma_1 + P_{61} \cos \gamma_1 - P_{62} \cos \gamma_2 \approx \\ \approx (P_{f1} + P_{f2}) \gamma_1 + P_{f2} \gamma_2 - P_{61} - P_{62};$$

- узагальненої сили по координаті γ_1 :

$$Q_{\gamma_1} = -P_{61} L_{пп} - P_{62} (L_{п} + L_{пп} \cos \gamma_2) + P_{f2} L_{пп} \sin \gamma_2 \approx \\ \approx -P_{61} L_{пп} - P_{62} (L_{п} + L_{пп}) + P_{f2} L_{пп} \gamma_2;$$

- узагальненої сили по координаті γ_2 : $Q_{\gamma_2} = -P_{62} L_{п} - M_T \text{sign } \gamma_2$.

Визначаємо поперечне зміщення центру мас передньої і задньої частин причепа при поперечних коливаннях точки зчїпки та кутових коливань причепа. Зміщення центрів мас відповідно передньої і задньої частин причепа:

$$y_{c1} = y_A + l'_3 \sin \gamma_1 \approx y_A + l'_3 \gamma_1;$$

$$y_{c2} = y_A + L_{пп} \sin \gamma_1 + l_3 \sin \gamma \approx y_A + (L_{пп} + l_3) \gamma_1 + l_3 \gamma_2.$$

Взявши похідні від цих виразів, отримаємо відповідні швидкості поперечного зсуву центрів мас причепа

$$\dot{y}_{c1} = \dot{y}_A + l'_3 \dot{\gamma}_1;$$

$$\dot{y}_{c2} = \dot{y}_A + (L_{пп} + l_3) \dot{\gamma}_1 + l_3 \dot{\gamma}_2.$$

Представляємо вираз для поперечних зсувів і швидкостей передньої і задньої частин причепа при його коливанні у вирази для кінетичної і потенційної енергії і функцій розсіювання. Враховуючи вирази для узагальнених сил за

відповідними координатами, беремо відповідні похідні від виразів для кінетичної і потенційної енергій і функції розсіювання і отримуємо систему рівнянь, що описують малі коливання двовісного причепа, при прямолінійному русі трактора з постійною швидкістю:

$$\begin{aligned}
 (m_1 + m_2)\ddot{y}_A + [m_1 l_3' + m_2(L_{\text{пп}} + l_3)]\ddot{\gamma}_1 + m_2 l_3 \ddot{\gamma}_2 &= \\
 = -c_A - k\dot{\gamma}_A - P_{\delta 1} - P_{\delta 2} + (P_{f1} + P_{f2})\gamma_1 + P_{\delta 2}\gamma_2; & \quad (1) \\
 [m_1 l_3' + m_2(L_{\text{пп}} + l_3)]\ddot{y}_A + [m_1(l_3')^2 + m_2(L_{\text{пп}} + l_3) + J_1 + J_2]\ddot{\gamma}_1 + \\
 + [m_2 l_3(L_{\text{пп}} + l_3) + J_2]\ddot{\gamma}_2 &= -P_{\delta 1}L_{\text{пп}} - P_{\delta 2}(L_{\text{п}} + l_{\text{пп}}) + P_{f2}L_{\text{пп}}\gamma_2; \\
 m_2 l_3 \ddot{y}_A + [m_2 l_3(L_{\text{пп}} + l_3) + J_2]\ddot{\gamma}_2 + [m_2(l_3')^2 + J_2]\ddot{\gamma}_2 &= -P_{\delta 2}L_{\text{п}} - M_T \text{sign } \dot{y}_2.
 \end{aligned}$$

Система рівнянь (1) є невизначеною, оскільки в трьох рівняннях є 5 невідомих: $y_A, \gamma_1, \gamma_2, P_{\delta 1}, P_{\delta 2}$. відсутні два рівняння отримуємо з рівнянь неголомних зв'язків для передньої і задньої осей причепа, складених з умови відсутності бічного переміщення осей в напрямках, нормальних до напрямів абсолютних швидкостей руху передньої v_1 і задньої v_2 осей. Бічні сили, що діють на осі причепа, уявімо як добуток коефіцієнта опору відведенню осі на кут відведення.

У допоміжній системі координат $x_2 B_2 y_2$ (рис. 2) кут відведення задньої осі негативний; тоді:

$$\delta_2 = \frac{\dot{y}_A + L_{\text{пп}}\dot{\gamma}_1 + L_{\text{п}}(\dot{\gamma}_1 + \dot{\gamma}_2) + v(\dot{\gamma}_1 + \dot{\gamma}_2)}{v + L_{\text{пп}}\dot{\gamma}_1\gamma_2 - \dot{y}_A(\dot{\gamma}_1 + \dot{\gamma}_2)}. \quad (2)$$

Система рівнянь (1) і (2), що описує коливання двовісного причепа, є визначеною, оскільки п'яти невідомим відповідають п'ять рівнянь. Вирішуючи систему, визначаємо параметри, що характеризують коливальний рух двовісного причепа, щодо змін яких можна судити про стійкість його руху.

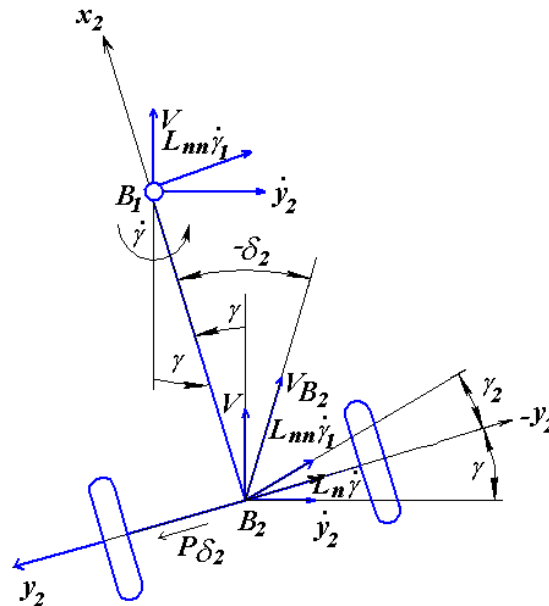


Рис. 2 – Схема для визначення кута відведення задньої осі двовісного причепа через узагальнені швидкості

Знайдемо умови стійкого руху задньої осі двовісного причепа відносно передньої, що рухається стійко. Рівняння руху задньої осі причепа має вигляд:

$$[m_2 l_3^2 + J_2] \ddot{\gamma} = -P_{62} L_{\Pi} - M_T.$$

З урахуванням того, що $P_{62} = k_{y2} \delta_2$, а у виразі (2) при сталому прямолінійному русі передньої осі причепа $\dot{y}_A = 0$, $\dot{\gamma}_1 = 0$ и $\dot{\gamma}_2 = 0$ вихідне рівняння прийме вигляд:

$$(m_2 l_3^2 + J_2) \ddot{\gamma} + \frac{k_{y2} L_{\Pi}^2}{v} + \frac{k_{y2} L_{\Pi}^2}{y_2} = -M_T. \quad (3)$$

Власну частоту системи знайдемо за допомогою характеристичного рівняння:

$$(m_2 l_3^2 + J_2) \lambda^2 + \frac{k_{y2} \lambda L_{\Pi}^2}{v} + k_{y2} L_{\Pi}^2 = 0.$$

Отже,

$$\lambda = \frac{-\frac{k_{y2} L_{\Pi}^2}{v} \pm \left[\left(\frac{k_{y2} L_{\Pi}^2}{v} \right)^2 - 4k_{y2} L_{\Pi}^2 (m_2 l_3^2 + J_2) \right]^{-2}}{2(m_2 l_3^2 + J_2)}.$$

Рішення рівняння (3) стійко, якщо величини λ будуть дійсними і негативними або комплексними з негативною дійсною частиною.

$$\lambda = \frac{-\frac{k_{y2} L_{\Pi}^2}{v} \pm \left[\left(\frac{k_{y2} L_{\Pi}^2}{v} \right)^2 - 4k_{y2} L_{\Pi}^2 (m_2 l_3^2 + J_2) \right]^{-2}}{2(m_2 l_3^2 + J_2)}.$$

Так як при русі тракторного поїзда вперед ($v > 0$) перший член чисельника завжди негативний, то для виконання зазначеної вимоги стійкого руху задньої частини двовісного причепа підкорінний вираз має бути позитивним:

$$\left(\left(\frac{k_{y2} L_{\Pi}^2}{v} \right)^2 - 4k_{y2} L_{\Pi}^2 (m_2 l_3^2 + J_2) \right) \geq 0.$$

Якщо ця умова не задовольняється, то критична швидкість:

$$v_{кр} = 0,5 L_{\Pi} \sqrt{k_{y2} L_{\Pi} / (m_2 l_3^2 + J_2)}.$$

Критична швидкість руху задньої частини причепа, що має наступні параметри: масу $m_2 = 5189,5$ кг; момент інерції задньої частини причепа щодо вертикальної осі, що проходить через її центр мас, $J_2 = 11674$ кг · м²; коефіцієнт опору відведенню осі $k_{y2} = 80000$ Н/рад; відстань від середини передньої осі до

задньої $L_{\Pi} = 2,5$ м і до центру мас задньої частині причепа, $l_3 = 1,3$ м, буде $v_{кр}=3,91$ м/с.

Таким чином, передня частина двовісного причепа, що рухається за трактором зі швидкістю 8,4 м/с, матиме стійкий рух, а задня частина-нестійке, оскільки, і причіп в цілому матиме незгасаючі коливання (рис. 3).

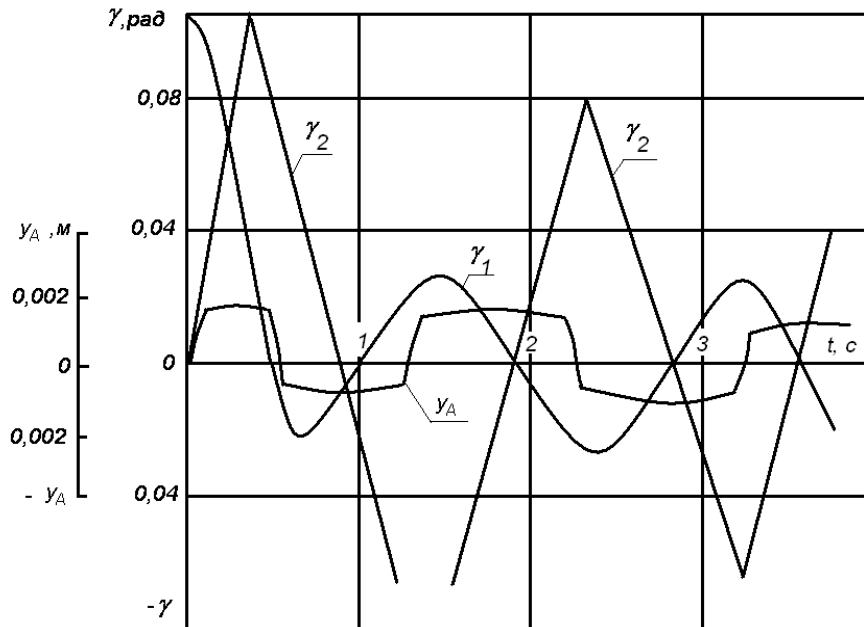


Рис. 3 – Характеристики коливань двовісного причепа

Щоб рух двовісного причепа був стійким, слід збільшити коефіцієнт опору відведенню його задньої осі до 370 кН/рад шляхом підвищення тиску повітря в шинах задніх коліс, установки на задній осі здвоєних коліс або розмістити вантаж так, щоб центр мас задньої частині причепа розклався ближче до передньої осі.

Так, при $l_3=0,5$ м і старих значеннях параметрів причепа критична швидкість $v_{кр} = 5,3$ м/с.

Момент тертя в поворотному колі M_T також значно впливає на коливання двовісного причепа. Зі збільшенням моменту M_T зменшується розмах кутових коливань передньої і задньої частин причепа. Його раціональну величину для кожного конкретного випадку можна вибрати, вирішуючи систему рівнянь (1). Однак при великих значеннях M_T погіршується керованість двовісного причепа.

Висновок. Стійкість руху тракторного поїзда залежить як від стійкості ведених ланок, так і від стійкості провідної ланки-трактора. Отже, розглянувши рух тракторного поїзда вперед ($v > 0$) з постійною швидкістю, ми отримали умови стійкого руху ведених ланок. Аналіз умов стійкого руху причепів показує, що розташування вантажу по платформі і швидкість руху тракторного поїзда справляють істотний вплив на характер коливального руху причепів. Ці експлуатаційні фактори не можна вибирати довільно, вони повинні бути узгоджені з іншими параметрами причепа.

Список використаних джерел

1. Справочник по эксплуатации свеклоуборочных комплексов / А.М.Мазуренко, И.И. Русанов, В.И. Сухомлин и др.; Под ред. А.М.Мазуренко. – К.: Урожай, 1984. – 128 с.
2. Поляшенко С.А. Возмущающие воздействия технологического процесса уборки корнеплодов сахарной свеклы при погрузке их транспортером корнеуборочной машины / Тракторная энергетика в растениеводстве // Сб. науч. тр. – Харьков, ХГТУСХ, 1998. – 332 с.
3. Тракторные поезда/ П.П. Артемьев, Ю.Е. Атаманов и др.; Под ред. В.В. Гуськова.–М.: Машиностроение, 1982.-183 с.
4. Стабільність та керованість одновісного прицепу Поляшенко С.О., Єсіпов О.В., Алексеєнко К.Л. /Зб. наук. пр. Вісник ХНТУСГ №148, "Механізація сільськогосподарського виробництва" X., 2014, с. 328-335

Аннотация

ИССЛЕДОВАНИЕ СТОЙКОСТИ ДВИЖЕНИЯ ДВУХОСНОГО ПРИЦЕПА ПРИ РАБОТЕ С СВЕКЛОУБОРОЧНЫМ КОМБАЙНОМ

Поляшенко С. А, Есіпов А. В.

Проанализированы условия устойчивого движения тракторного поезда, и факторы влияющие на характер колебательного движения прицепов.

Abstract

STUDY ABOUT THE PERSISTANCE OF MOVEMENT OF THE DOUBLE AXLETREE TRAILER DURING THE WORK OF THE BURSA-BREED COMBINE

S. Polyashenko, A. Esipov.

The conditions of steady movement of the tractor train, and the factors that affect the nature of the vibrational motion trailers.

ПІДВИЩЕННЯ СТАБІЛЬНОСТІ РУХУ ТРАКТОРА ХТЗ-160 ПО ЗАДАНИЙ ТРАЕКТОРІЇ ВИКОРИСТАННЯМ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ АДАПТИВНОГО КЕРУВАННЯ

Макаренко М. Г., доц., Кулаков Ю. М., ст. викл.

*Харківський національний технічний університет
сільського господарства імені Петра Василенка*

Макаренко О. М., менеджер

UkrFarming

Наводяться результати досліджень по підвищенню точності руху трактора ХТЗ-160 по заданій траєкторії використанням інтелектуальної системи адаптивного керування.

Вступ. Проблема підвищення ефективності використання тракторів тісно пов'язана з підвищенням їх маневрових якостей та стабільно гарантованого руху агрегатів по заданій траєкторії (по полю та при розворотах) з використанням сучасних засобів автоматичного інтелектуального керування.

При виконанні технологічних процесів важливо щоб трактор у складі машинно-тракторного агрегату (МТА) рухався по заданій траєкторії з мінімальним відхиленням від неї. Однак, на МТА діють як внутрішні, так і зовнішні фактори, що порушують заданий напрямок руху. Для руху по заданій траєкторії водій через органи керування коригує напрям руху, що забезпечує підтримання прямолінійного руху агрегату або його поворот.

Використання принципів системного підходу дозволяє розглядати рух МТА по заданій траєкторії як систему машина - водій - опорна поверхня (грунт). При цьому однією з найбільш вагомих властивостей трактора у складі МТА є його керованість.

В якості критеріїв оцінки забезпечення руху МТА по заданому напрямку застосовують наступні кількісні показники: граничне значення швидкості зміни кривизни траєкторії різних точок; мінімальний радіус повороту при круговому русі; питома сила тяга, необхідна при повороті; кількість енергії, що витрачається на управління при русі по заданій траєкторії; коефіцієнт використання зчпної ваги при повороті.

Аналіз публікацій. Дослідженню питань управління при русі по заданій траєкторії, маневреності колісних машин та проведенню аналізу впливу даних показників на продуктивність, встановленню тенденцій розвитку відповідних технічних засобів неодноразово розглядалось провідними вченими. Так приводяться і аналізуються визначення властивості маневреності у формулюваннях Е. А. Чудакова, А. М. Ляпунова, В. В. Гуськова, Л. В. Смірнова, А. Е. Фаробіна [1, 2] та ін. Розглянуті основні показники і характеристики руху,

що визначають співвідношення параметрів машин, які забезпечують стійкість руху по заданій траєкторії.

В роботах М. А. Подригало, В. П. Волкова, О. А. Бобошко проведений аналіз зчїпних властивостей шин з опорною поверхнею [3, 4]. Вказані автори відзначають залежність коефіцієнта зчеплення від тиску в контактї і дотичної напруги в площинї контакту, а також розглядають зв'язок коефіцієнта зчеплення з напругою елементів шини в контактї.

Враховуючи узагальнене формулювання поняття керованості та маневреності, як властивостей машини витримувати задані через рульовий механїзм курсовий напрям і траєкторію, слід зазначити, що чисельних оцінок і методу їх визначення, що безпосередньо характеризують точність траєкторії МТА на базі трактора не існує. Це затруднює попереднє прогнозування маневреності на етапах розробки рекомендацій по створенню на базі енергетичного модуля комбїнованих МТА у яких спостерігається змінне положення центру ваги при різних умовах агрегування, а, відповідно, значна відмінність взаємодії керованих колїс з опорною поверхнею.

Мета і постановка задачї. Метою роботи є дослідження проблеми підвищення точності ведення трактора ХТЗ-160 по заданїй траєкторії за рахунок використання інтелектуальної системи керування, здатної корегувати напрямок руху МТА у відповідності до заданих вимог.

Вирішення задачї:

Здатність колїсного агрегату входити в поворот, тобто реагувати на управляючу дію, є характеристикою керованості. Керованість колїсного агрегату оцінюється, як правило, по величинї кутового прискорення в площинї дороги, що виникає при поворотї керованих колїс [3]. Кутове прискорення виникає у випадку, якщо момент, що повертає, буде більшим моменту опору повороту. Існує поняття коефіцієнта керованості колїсної машини, що є відношенням моменту, що повертає, до моменту опору повороту. В початковий момент часу здійснення повороту цей коефіцієнт (якщо він більше одиниці) показує, що колїсний агрегат здатний увійти в поворот. Таким чином, виникла необхідність дослідити керованість трактора у складї МТА та запропонувати заходи по її підвищенню.

Перспективним напрямком вирішення вказаної проблеми є використання комбїнованого способу управління, що дозволяє поліпшити показники маневреності колїсних тракторів. Необхідність в комбїнованому способї управління виникає тоді, коли збільшення кута повороту керованих колїс α не призводить до зменшення радіусу повороту R_2 (збільшенню кутової швидкості ω повороту). Тому розглянемо модель руху колїсної машини на поворотї у випадку $\alpha = const$ і проведемо оцінку повороткості і керованості при кінематичному і комбїнованому способах управління.

Маневреність пов'язана з безпекою руху трактора та точністю виконання технологїчних процесів. Досить часто при втратї трактором керованості порушується також його стійкість, і навпаки. У зв'язку з цим керованість трактора

часто розглядають як окремий випадок загальної задачі його стійкості. Трактор повинний мати добру керованість на будь-якому періоді експлуатації.

Маневреність залежить від бічної еластичності шин коліс, стабілізації керованих коліс, їхніх коливань і відповідності кінематики підвіски керованих коліс кінематиці рульового приводу. Крім того, вона залежить від зовнішніх умов (поперечного ухилу дороги, величини коефіцієнта зчеплення шин з дорогою, бічного вітру і т.п.).

Траєкторію руху трактора в загальному випадку можна розглядати як криволінійну з кривиною, яка безупинно змінюється. Якщо кривина траєкторії близька до нуля, рух умовно вважають прямолінійним.

Криволінійність руху обумовлена необхідністю здійснювати повороти відповідно до траєкторії, що задається водієм, а також в результаті дії зовнішніх збурювань. Такий рух трактора характеризується зміною в часі положення його подовжньої і вертикальної осей, а також наявністю подовжніх і головним чином поперечних прискорень.

Процес керування рухом трактора характеризують три групи параметрів: траєкторні, курсові та крену. На більшість цих параметрів впливають як конструктивні особливості трактора, так і ергономічні дані водія як керуючої ланки. Тому варто розглядати керованість трактора не ізольовано (як механічної системи), а як керованість машинно-тракторного агрегату (МТА).

Надійність керування трактора забезпечується властивістю системи МТА зберігати стійкість керування в заданих умовах і режимах руху.

Для оцінки маневреності існує досить багато оціночних показників. До числа, основних оціночних показників, передбачених національними стандартами і Правилами КВТ ЄЕК ООН, відносять: стійкість керування траєкторії; стійкість курсового керування; стійкість керування траєкторій при гальмуванні; стійкість курсового керування при гальмуванні; граничну швидкість виконання маневру V_{np} , км/год; швидкість на початку зниження стійкості керування траєкторією V_{mp} , км/год; швидкість початку зниження стійкості курсового керування $V_{курс}$, км/год.

Крім цього, існує цілий ряд додаткових показників і характеристик керованості, з яких можна виділити наступні: характеристику статичної траєкторної керованості; характеристику «ривок руля»; характеристику виходу з повороту; характеристику легкості рульового керування; граничну швидкість входу в заданий поворот; граничну швидкість входу в задану зону; середню кутову швидкість повороту рульового колеса на прямолінійній ділянці дороги.

В цілому під керованістю розуміють сукупність властивостей, що визначають характеристики реакцій трактора на керуючі впливи водія та зовнішні збурювання, а також витрати водієм енергії на керування.

Під стійкістю руху трактора по заданій траєкторії розуміють сукупність властивостей, що визначають числові характеристики тих граничних значень, при перевищенні яких трактор не повертається у вихідне положення після припинення дії збудливого сигналу.

При криволінійному русі по горизонтальній поверхні та відсутності бічних сил на трактор у поперечному напрямку діє тільки сила інерції P_{jy} (рис.1).

Складові цієї сили, що припадають на передні і задні колеса трактора викликають відповідні їм кути відведення δ_1 і δ_2 , які тільки в окремому випадку рівні за величиною.

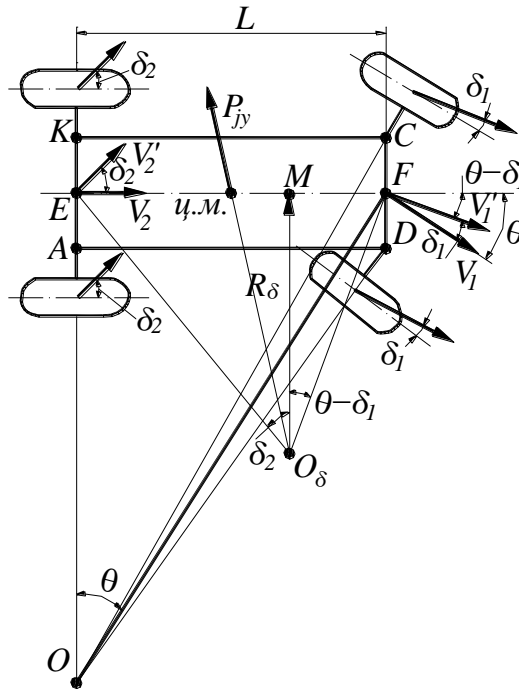


Рис. 1 – Схема повороту трактора при бічному відведенні шин

Відведення правого і лівого коліс однієї осі також неоднакове, внаслідок чого вектори їх швидкостей не рівнобіжні. Для керованих коліс це, зокрема, обумовлюється і поворотом їх на різні кути. У той же час траєкторія руху визначається кутами відведення центрів його передньої і задньої осей, які є середніми між кутами відведення відповідних правих і лівих коліс.

При наявності бічного відведення, на такі ж кути і в той же бік відхиляються вектори швидкостей середніх точок передньої V_1 і задньої V_2 осей. Позначимо нові вектори \vec{V}'_1 і \vec{V}'_2 . Відповідно змінюється і положення миттєвого центра повороту трактора, як точки перетинання перпендикулярів до векторів швидкостей \vec{V}'_1 і \vec{V}'_2 . З урахуванням бічного відведення шин він уже буде не в точці O , а в точці O_δ . Середній радіус повороту трактора з урахуванням впливу бічного відведення шин R_δ , визначається довжиною перпендикуляра з миттєвого центра повороту на подовжню вісь трактора, тобто буде дорівнювати відрізку $O_\delta M$.

У трикутнику EMO_δ кут $EO_\delta M$ дорівнює по побудові δ_2 , а в трикутнику MFO_δ кут $MFO_\delta = \theta - \delta_1$, де θ , – середній кут повороту передніх керованих коліс.

Тоді:

$$\operatorname{tg} \delta_2 = \frac{EM}{MO_\delta} = \frac{EN}{R_\delta}; \quad (1)$$

$$\operatorname{tg}(\theta - \delta_1) = \frac{MF}{R_\delta}. \quad (2)$$

Звідси, оскільки сума $EM+MF=L$ – база трактора, знаходимо середній радіус повороту R_δ трактора з урахуванням впливу бічного відведення шин

$$R_{\delta} = \frac{L}{\operatorname{tg} \delta_2 + \operatorname{tg}(\theta - \delta_1)}. \quad (3)$$

Враховуючи, що кути відведення невеликі ($5 - 10^\circ$), а кути повороту керованих коліс при високих швидкостях руху, коли відведення істотно впливає на керованість трактора, також не є великими, тангенси кутів можна замінити самими кутами, вираженими в радіанах

$$R_{\delta} = \frac{L}{\theta + \delta_2 - \delta_1}. \quad (4)$$

Порівняння формул свідчить про те, що співвідношення кутів відведення коліс передньої осі δ_1 і задньої осі δ_2 у різному ступені змінюють величину середнього радіуса повороту. Якщо кути відведення коліс передньої і задньої осей однакові ($\delta_1 = \delta_2$), середні радіуси повороту однакові

$$R_{cp} = R_{\delta}. \quad (5)$$

У цьому випадку бічне відведення коліс не впливає на кривину траєкторії повороту і лише миттєвий центр повороту зміщується вперед відносно осі задніх коліс трактора. Такі трактори визначаються як ті, що мають нейтральну поворотність. Для проходження кругової траєкторії певного радіуса R_{cp} потрібен однаковий кут повороту керованих коліс θ як при жорстких, так і з урахуванням впливу бічного відведення.

Якщо кут відведення передніх коліс δ_1 більший, ніж у задніх коліс δ_2 , знаменник у формулі (4) зменшується і середній радіус повороту за рахунок впливу відведення збільшується.

$$\delta_1 > \delta_2 \rightarrow R_{\delta} > R_{cp}. \quad (6)$$

Такі трактори визначають як трактори що мають недостатню поворотність. Для проходження, повороту із заданим радіусом R_{cp} , при недостатній поворотності водій повинний компенсувати вплив бічного відведення більшим кутом повороту керованих коліс θ_{δ} , у порівнянні з кутом при жорстких колесах

$$\theta_{\delta} > \theta. \quad (7)$$

Якщо ж кут бічного відведення передніх коліс δ_1 менший, ніж у задніх коліс δ_2 , знаменник у формулі (4) збільшується і середній радіус повороту за рахунок впливу відведення зменшується.

$$\delta_1 < \delta_2 \rightarrow R_{\delta} < R_{cp}. \quad (8)$$

Трактор, при заданому куті повороту керованих коліс θ , що відповідає при жорстких колесах повороту по колу з радіусом R_{cp} , у цьому випадку за рахунок відведення буде втягуватися в більш крутий поворот з меншим радіусом R_{δ} . Тому такі трактори визначають як ті, що мають надлишкову поворотність і для повороту з заданою кривизною (заданим радіусом R_{cp}) водій повинен повертати керовані колеса на кут θ_{δ} , менший, ніж було б потрібно у випадку жорстких коліс.

$$\theta_{\delta} < \theta. \quad (9)$$

З вищевикладеного випливає, що водій трактора має можливість компенсувати вплив бічного відведення на кривизну траєкторії повороту як при недостатній, так і при надлишковій поворотності. Проте в останньому випадку теоретично можливо нестійкий рух з повною втратою керованості. Дійсно, зменшення радіусу повороту R_{δ} при $\delta_2 > \delta_1$ викликає відповідне збільшення відцентрової сили, яка обернено пропорційна радіусу повороту. Внаслідок збільшеної бічної сили зростають кути бічного відведення, що додатково зменшує радіус повороту з відповідними наслідками.

Трактор погано піддається управлінню коли колеса рухаються юзом. Дослідженнями встановлено, що електронна інтелектуальна система керування рухом трактора повинна відповідати наступним вимогам:

- при порушенні штатних (звичайних) умов руху, коли зчеплення колісних шин трактора з опорною поверхнею наближається до своєї фізичної межі, трактор не повинен поводитися непередбачувано, динаміка його руху не повинна змінюватися різко, не повинні виникати заноси, різкі розвороти, з'їзди з дороги або перекидання;

- навіть на слизьких або обмерзлих дорогах відхилення від заданого водієм напрямку руху повинні залишатися мінімальними (в межах забезпечення безпеки); ступінь завантаженості трактора в межах заданої норми не повинна впливати на стійкість його руху;

- зовнішні фактори не повинні значно впливати на рух трактора; параметри і характеристики трактора, що відповідають за безпеку руху, повинні залишатися в оптимальних межах для суб'єктивного сприйняття водієм.

Для забезпечення високої якості реалізації складних і точних рухів доцільно застосувати методи інтелектуального управління (advanced intelligent control). При роботі системи датчики вимірюють параметри факторів, для того, щоб визначити необхідну величину сигналу керування.

Сигнали з цих датчиків є входними параметрами для електронного блоку керування. Електронний блок керування використовує інформацію, що надходить на нього, від різних датчиків для того, щоб визначити оптимальну величину коректувальної дії для забезпечення відповідності руху МТА по заданій траєкторії.

Відповідно до отриманих результатів розрахунків, електронний блок управління виробляє сигнали керування, і надсилає їх до певних виконавчих пристроїв. Основним елементом системи управління є комп'ютер, швидкодія якого дозволяє відстежувати зміну стану керованого агрегату та дій водія. Виконавчими механізмами або актюаторами - є пристрої підгальмовування коліс одного з бортів, за допомогою яких блок управління здійснює керовані дії.

Основною особливістю системи керування стійкістю є її функціонування не в процесі гальмування, а в процесі криволінійного руху, тобто активний вплив на динаміку руху. Блок керування системи адаптивного керування, використовуючи показники датчиків повороту рульового колеса і датчиків кутової швидкості коліс, розраховує теоретичні показники динаміки руху і

порівнює їх з показниками датчиків крутного моменту і поперечного прискорення.

Принцип роботи даної системи наступний. Датчики частоти обертання коліс безперервно передають значення швидкості кожного колеса. Сигнал від датчика кута повороту рульового колеса передається по шині (CAN) у блок керування. Уся ця інформація аналізується модулем керування для розрахунку напрямку руху, заданого рульовим керуванням і розпізнає поведінку трактора. Датчик бічного прискорення повідомляє блоку керування про бічний рух трактора, тоді як датчик рискання сигналізує про появу моменту. За даними цих двох датчиків блок керування визначає поточний стан трактора.

Якщо поточний стан відмінний від заданого, то прораховується цикл керування. Система стабілізації руху визначає яке колесо має бути пригальмовано і наскільки різко. Після цього система перевіряє, наскільки вдалим було втручання, на основі даних від датчиків. Цикл керування завершується при успішному результаті втручання, і система керування переходить до стеження за поведінкою трактора. Якщо стійкість руху не відновлена, то цикл керування повторюється.

На рисунку 2, а показані порівняльні значення найбільш важливих змінних величин, аналіз яких здійснювався в процесі моделювання: кут повороту руля (град.), швидкість рискання (град/с), бічне прискорення (м/с²), кут бічного відходу трактора (град.). На рисунку 2, б показана модельована траєкторія руху тракторів.

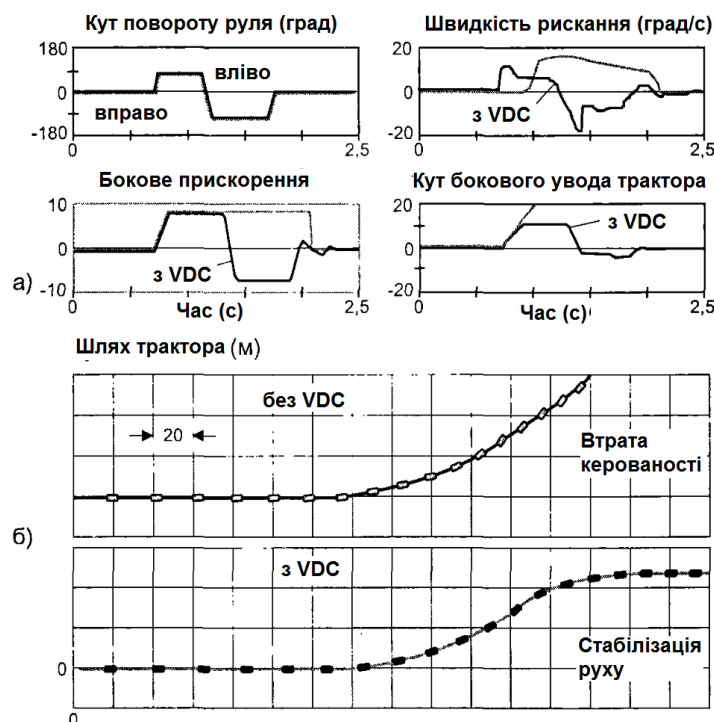


Рис. 2 – Дослідження руху трактора з системою адаптивного керування при різкій зміні напрямку руху

Оскільки при повороті трактора вертикальні реакції на колесах зовнішнього борту більші, ніж на колесах внутрішнього, то, створюючи на колесах дотичні реакції пропорційно вертикальному навантаженню, можна

забезпечити максимальні значення $\frac{d\omega}{dt}$ і α^* . Граничний середній кут $\bar{\alpha}^*$ повороту керованих коліс обмежений граничними силами по зчепленню коліс з дорогою. При великих $\bar{\alpha} > \bar{\alpha}^*$ збільшуються бічні реакції на колесах, що спричиняє за собою зменшення $R_{k1} + R_{k2}$ до нуля.

На рисунку 3 приведені залежності мінімального радіусу повороту R_{2min} трактора ХТЗ-16131 від швидкості руху для комбінованого та кінематичного способів повороту.

На полі, підготовленому під посів комбінований спосіб керування забезпечує більш високе значення ω_{max} (менше R_{2min}) в порівнянні з кінематичним. Застосування комбінованого способу керування на цьому ж полі дає зниження повороткості трактора ХТЗ-16131 на 10-35%, що суттєво впливає на кінцевий результат – продуктивність даного машинно-тракторного агрегату.

При виконанні розвороту на поворотних смугах при виконанні технологічних операцій, система інтелектуального керування трактора самостійно визначає в який момент, яке колесо необхідно підгальмувати, щоб знизити або запобігти бічному проковзуванню або відведенню керованих коліс.

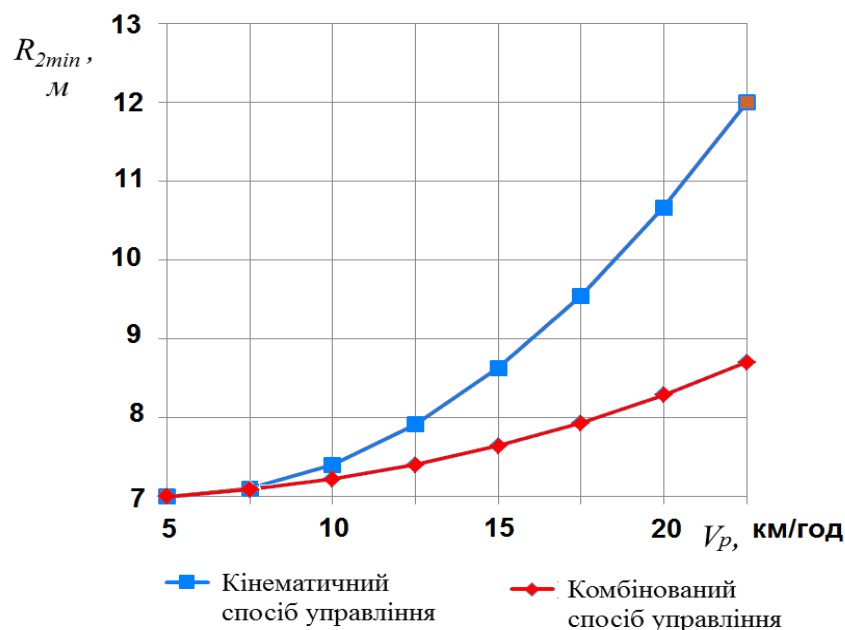


Рис. 3 – Залежність мінімального радіусу повороту від швидкості руху

Висновки. Застосування системи інтелектуального керування є одним із засобів поліпшення властивостей керованості колісних тракторів, що мають зміщений до задньої осі центр мас (мале навантаження на керовані колеса). Для його ефективного застосування необхідно автоматично узгодити кут повороту керованих коліс і різницю дотичних реакцій на ведучих колесах. Застосування комбінованого способу керування, у порівнянні з кінематичним, дозволяє зменшити радіус повороту (збільшити кутову швидкість) машини удвічі.

Автоматичне узгодження кутів повороту керованих коліс і гальмування заднього внутрішнього колеса трактора є найбільш ефективним варіантом реалізації комбінованого способу керування поворотом.

Проведеним аналізом встановлено, що керованість трактора при повороті забезпечується двома діями dV_{X1}/dt і $d\bar{\alpha}/dt$. Ступінь впливу dV_{X1}/dt залежить від кривизни траєкторії руху машини, а вплив $d\bar{\alpha}/dt$ – від швидкості руху V_{X1} і чутливості машини до повороту μ_l .

Дослідженнями встановлено, що на полі, підготовленому під посів комбінований спосіб керування забезпечує більш високе значення ω_{max} (менше $R_{2\ min}$) в порівнянні з кінематичним. Застосування комбінованого способу керування на цьому ж полі дає зниження повороткості трактора ХТЗ-16131 на 10-35%, що суттєво впливає на кінцевий результат – дозволяє чітко виконувати технологічний процес, поліпшити якість робіт, підвищити продуктивність машин, зменшити експлуатаційні витрати і т.д.

Список використаних джерел

1. Литвинов А.С., Немцов Ю.М., Волков В.С. Некоторые вопросы динамики неустановившегося поворота автомобиля // Автомобильная промышленность. 1978.- № 3.- с. 20-22.
2. Фаробин Я.Е. Теория поворота транспортных машин.-М.: Машиностроение, 1970.- 176 с.
3. Подригало М.А., Бобошко А.А. Синтез законов рационального управления поворотом колесной машины // Вестник Харьковского государственного автомобильно-дорожного технического университета. Вып. 15 - 16. - Харьков: Изд-во ХНАДУ. - 2001. - с. 143 - 145.
4. Подригало М., Гречко Л., Бобошко О. Підвищення маневреності колісних тракторів // Машинознавство. - 1999. - № 10. - с. 55 - 58.

Аннотация

ПОВЫШЕНИЕ СТАБИЛЬНОСТИ ДВИЖЕНИЯ ТРАКТОРА ХТЗ-160 ПО ЗАДАНОЙ ТРАЕКТОРИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНТЕЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ АДАПТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ

Макаренко Н. Г., Кулаков Ю. М., Макаренко А. Н.

Приводятся результаты исследований по повышению точности движения трактора ХТЗ-160 по заданной траектории использованием интеллектуальной системы адаптивного управления.

Abstract

INCREASE OF STABILITY OF MOTION OF TRACTOR OF ХТЗ-160 ON ZADANOY OF TRAJECTORY THE USE OF INTELEKTUAL'NOY OF SYSTEM OF ADAPTIVE CONTROL

N. Makarenko, Y. Kulakov, A. Makarenko

Results over of researches are brought on the increase of exactness of motion of tractor of KHTZ-160 on the set trajectory the use of the intellectual system of adaptive control.

КОНСТРУКТИВНАЯ СХЕМА ПОДАЧИ ПРИРОДНОГО ГАЗА ДЛЯ АВТОТРАКТОРНЫХ ГАЗОДИЗЕЛЕЙ

Улексин В. А., к.т.н., доц., Стремоухов А. Б., асп.

Днепропетровский государственный аграрно-экономический университет (ДГАЭУ)

Анализируются устройства для подачи газа в двигатели внутреннего сгорания ведущих фирм. Обоснована конструктивная схема системы подачи природного газа и всережимного регулирования автотракторного газодизеля с использованием газовых форсунок с электронным управлением.

Постановка проблемы. Газодизельный процесс известен с начала зарождения двигателестроения, однако не получил должного распространения. Основные преимущества газодизелей по сравнению с дизелями состоят в меньшей стоимости топлива и лучшей экологичности при прочих равных показателях [11]. В зависимости от конъюнктуры рынка моторных топлив выгода от применения газодизельного процесса изменяется, оставаясь при этом положительной. В настоящее время в Украине, имеющей собственные запасы природного газа, увеличение объемов использования газовых моторных топлив (ГМТ) путем конвертирования имеющихся дизельных энергосредств на газодизельный процесс, следует считать перспективным, повышающим энергонезависимость. При этом следует стремиться к сохранению характеристик газодизелей на уровне базового дизеля, что позволяет сохранить эксплуатационные характеристики машин после доработки.

Анализ последних публикаций. В периоды «нефтяных» кризисов интерес к газодизелям возрастает, и появляются различные программы внедрения газовых моторных топлив [1, 6]. Системы управления подачей ГМТ по способу смесеобразования и применяемым исполнительным механизмам можно разделить на несколько видов [10].

Эжекторные системы, в которых газ и воздух смешиваются во впускном коллекторе двигателя, а управление подачей газа осуществляется с помощью рычажно-мембранных механизмов. Этот класс систем представлен фирмами Японии (Исуцзу), Италии (Ловато, Ланди Ренцо), Канады (GFI, ECO) и предназначен для применения на двухтактных и четырехтактных двигателях. Отличительной особенностью моделей выпуска после 2000 года является широкое внедрение электронных блоков управления, обеспечивающих новые функциональные возможности. Введение элементов электронного регулирования в традиционные рычажно-мембранные системы не устраняет полностью их основные недостатки, однако позволяет значительно увеличить стабильность работы оборудования, что при относительно невысокой стоимости сохраняет привлекательность их применения. Рычажно-мембранные системы, характеристики которых несколько уступают характеристикам систем с распределенным впрыском газа, ориентированы не столько на заводы,

выпускающие автомобили или двигатели, сколько на фирмы, которые занимаются переоборудованием на газ автомобилей (реже – тракторов), находящихся в эксплуатации. Это определяет их место на рынке и распространение (Аргентина, Бразилия, Египет, Индия, Иран, Китай, Турция, многие страны Европы, в том числе и Украина).

Инжекторные системы с центральным (во впускной коллектор двигателя) или распределенным (поцилиндровым) впрыском газа расширяют возможности регулирования параметров рабочего процесса и обеспечивают улучшение характеристик двигателя, работающего на ГМТ. Инжекторные системы с центральным впрыском газа представляют фирмы Канады (Woodward, GFI, AFS), Японии (Nippon), России (КАМАЗ-МАДИ), Германии (Мерседес), Швеции (VOLVO, SKANIA). Специалисты считают, что такие системы – это разумный компромисс между ценой и качеством, однако, дальнейшее совершенствование таких систем малоперспективно.

Инжекторные системы с распределенным впрыском являются сегодня наиболее перспективным направлением в создании систем управления подачей газа в ДВС. Они позволяют получить наиболее совершенные рабочие характеристики двигателя. Практически все крупные фирмы представляют инжекторные системы с распределенным впрыском, оснащенные микропроцессорными блоками управления.

Комбинированные системы включают инжекторный регулятор количества подаваемого газа (дозатор) и стандартный внешний смеситель с подачей газозоудшной смеси во впускной коллектор двигателя. Комбинированные системы освоены рядом фирм: IMPCO (США), Landi Renzo (Италия), Nissan Diesel, NIKKI (Япония). В этих системах применяется регулятор инжекторного типа, управляемый микропроцессорным блоком. Таким образом, устраняется основной недостаток традиционных механических систем, что позволяет продлить коммерческую жизнь серийных газовых систем при незначительной их модернизации. Газовое оборудование устанавливается на двигатели и с внешним смесеобразованием и искровым зажиганием (газовые двигатели), и с воспламенением от сжатия при использовании запальной дозы дизельного топлива (газодизели).

Газодизельные (двухтопливные) системы применяют в основном для большегрузных автомобилей и автобусов.

Фирма AFS (Канада) разработала газодизельную систему с распределенным впрыском газа и управляемой запальной дозой дизельного топлива. Главным элементом этой системы является моноблок "Шерекс", выполняющий функции регулятора давления, фильтра и отсечного магистрального клапана. Газ низкого давления (0,5...0,6 МПа) поступает в газовую рампу, откуда через индивидуальные газовые клапаны подается к впускным клапанам двигателя. Необходимая запальная доза дизельного топлива подается топливным насосом высокого давления (ТНВД) через штатные форсунки. Обработку показаний датчиков, установленных на агрегатах двигателя, и управление подачей ГМТ обеспечивает микропроцессорный блок. К основным достоинствам системы можно отнести снижение эксплуатационных

расходов дизельного топлива за счет его замещения (до 80 %) дешевым природным газом, снижение дымности отработавших газов в несколько раз, сохранение показателей базового дизельного двигателя.

Фирма Westport (Канада) освоила газодизельную систему, в которой газ сжимается до 300 атмосфер в специальном компрессоре, охлаждается и подается вместе с дизельным топливом в цилиндр в такте сжатия через специально разработанную форсунку. Это обеспечивает устойчивую работу двигателя на очень бедных смесях и позволяет получить очень низкое содержание выбросов NO_x . Впрыск газа производится при закрытых клапанах, что обеспечивает наибольшую мощность при высокой степени замещения дизельного топлива природным газом (до 90%).

Фирма «Газмотор» (Россия) предлагает систему питания газодизелей, которая по структуре технических средств и способу подачи газа в двигатель сходна с газодизельной системой фирмы AFS. Однако у нее есть существенные отличия: для обеспечения точного дозирования топливовоздушной смеси применена электроуправляемая дроссельная заслонка вместо управления от педали газа; газовые инжекторы обладают ресурсом до 10^9 циклов; управление запальной дозой производится в функции частоты вращения и реальной нагрузки на двигатель; разработан и применен «электронный» газовый редуктор, стабилизирующий давление в газовой рампе (рычажно-мембранный редуктор не обеспечивает удовлетворительную работу с импульсным разбором газа).

Система регулирования газодизелей ДГАУ [2, 12, 13] разработана с учетом возможности совместной работы с конвертируемыми автотракторными дизелями различной мощности. Испытания проводились на протяжении длительного времени [3, 4, 5, 7] и выявили как неоспоримые преимущества по сравнению с известными системами, так и недостатки, устранение которых применением современных технических средств поставит разработанную систему в ряд лучших образцов.

Основными недостатками системы регулирования ДГАУ являются сложность регулирования расхода ГМТ на корректорном участке внешней скоростной характеристики [7, 8] и недостаточная устойчивость работы в режиме газодизеля на малых частотах вращения холостого хода [9].

Постановка задачи. Для устранения недостатков разработанной ранее системы всережимного регулирования газодизеля ДГАУ [12, 13] следует учесть имеющийся опыт и применить современные элементы – газовые форсунки распределенной подачи газа с управлением от электронного коммутатора.

Цель работы. Обоснование конструктивной схемы подачи газа при всережимном регулировании конвертируемого автотракторного газодизеля с применением газовых форсунок.

Изложение основного материала. Принцип работы системы регулирования газодизеля ДГАУ, дополненной газовыми форсунками, поясняет конструктивная схема, представленная на рис 1.

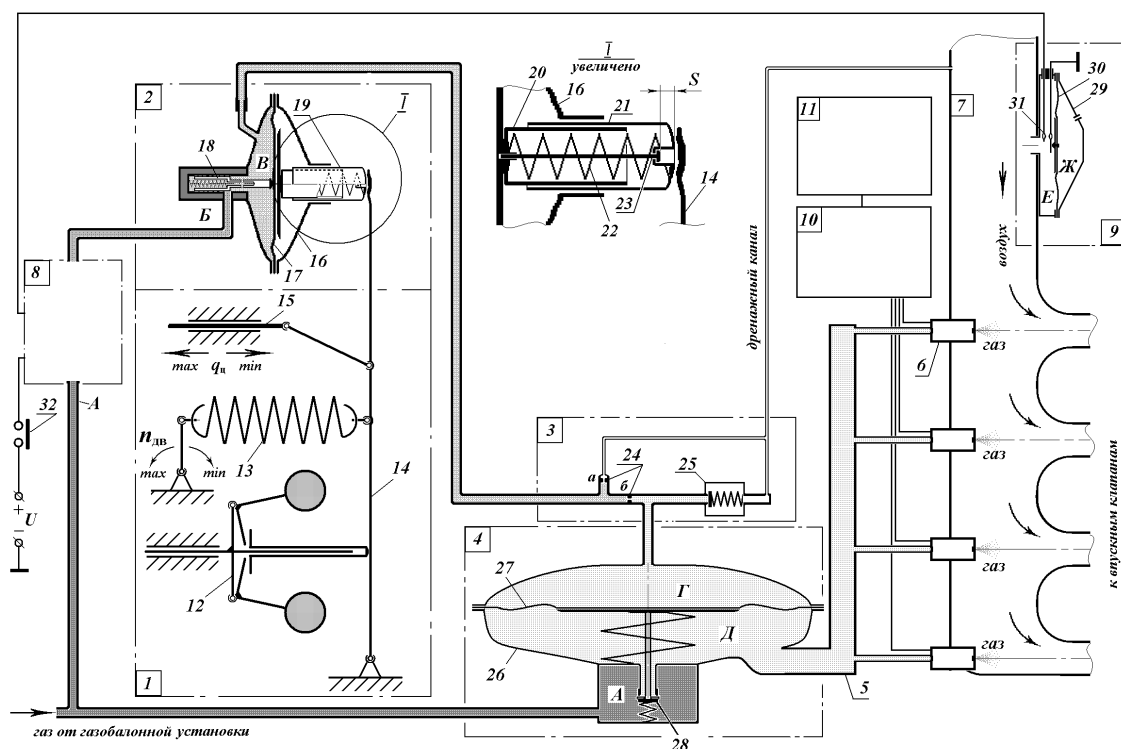


Рис. 1 – Конструктивная схема подачи газа в газодизель с всережимным регулированием (по заявке № а2017 10803)

Система состоит из центробежного всережимного регулятора 1 подачи жидкого топлива, регулятора расхода газа 2, соединенного со штатным всережимным регулятором 1, ограничителя давления газа 3, усилителя расхода газа 4, рампы 5 с газовыми форсунками 6, установленной на впускном трубопроводе 7 двигателя, электромагнитного клапана 8, датчика 9 разрежения во впускном трубопроводе и коммутатора 10 с датчиком 11 положения коленчатого вала двигателя.

Центробежный всережимный регулятор 1 состоит из центробежного чувствительного элемента 12 и главной пружины 13, присоединенных к главному рычагу 14, который тягой соединен с рейкой (дозатором) топливного насоса высокого давления 15.

В состав регулятора расхода газа 2 входят корпус 16, диафрагма 17, золотник 18 и толкатель 19, составленный из коаксиально расположенных цилиндров 20 и 21, между которыми установлена предварительно сжатая пружина 22 и ограничитель деформации пружины 23.

Ограничитель давления газа 3 включает дроссели 24 *а* и *б*, редукционный клапан 25 и соединяется с впускным трубопроводом 7 дренажным каналом.

Усилитель расхода газа 4 представляет собой редуктор давления газа с корпусом 26, диафрагмой 27 и клапаном 28, кинематически соединенным с диафрагмой 27. Датчик 9 разрежения во впускном трубопроводе состоит из корпуса 29, разделенного диафрагмой 30 на две полости, и нормально разомкнутых контактов 31, включенных в цепь обмотки электромагнитного клапана 8.

Коммутатор 10 и форсунки 6 соединены электрическими проводниками. Питание на электромагнитный клапан 8 подается через переключатель 32 режимов работы "дизель - газодизель". Электромагнитный клапан 8, регулятор

расхода газа 2, ограничитель давления газа 3, усилитель расхода газа 4 и рампа 5 соединены газопроводами.

Система работает следующим образом.

В режиме "дизель" питание электромагнитного клапана 8 выключено, он находится в закрытом состоянии и не пропускает газ из газопровода *A*, давление газа на входе *B* регулятора расхода газа 2 отсутствует. В полости *B* регулятора расхода газа через дренажный канал и дроссель 24*a* устанавливается разрежение, равное разрежению во впускном коллекторе. Под действием этого разрежения диафрагма 17 прогибается влево и освобождает толкатель 19, который не препятствует движению рычага 14. Центробежный всережимный регулятор 1 работает в обычном режиме, регулируя цикловую подачу жидкого топлива $q_{жт}$ путем изменения положения рейки 15. А именно: уменьшение частоты вращения двигателя ведет к уменьшению поддерживающей силы центробежного чувствительного элемента 12, поворота рычага 14 под действием восстанавливающей силы пружины 13 против часовой стрелки и увеличению подачи жидкого топлива. Увеличение частоты вращения приводит к увеличению поддерживающей силы со стороны центробежного чувствительного элемента 12, поворота рычага 14 по часовой стрелке и соответствующего уменьшения подачи жидкого топлива.

В режиме "газодизель" на обмотку электромагнитного клапана 8 через переключатель 32 подается напряжение. При неработающем двигателе разрежение во впускном коллекторе 7 отсутствует, контакты 31 датчика 9 разомкнуты, электромагнитный клапан 8 обесточен и не пропускает газ из газопровода *A*. При работающем двигателе во впускном трубопроводе создается разрежение, диафрагма 30 прогибается и замыкает контакты 31. Через обмотку электромагнитного клапана 8 проходит ток, он открывается и газ от газобаллонной установки под давлением подается на вход *B* регулятора расхода газа 2.

Расход газа через регулятор 2 зависит от положения золотника 18, определяющегося положением рычага 14, который взаимодействует с золотником 18 через толкатель 19 и диафрагму 17. Толкатель 19 благодаря предварительному сжатию пружины 22 работает как жесткое звено и обеспечивает передачу усилия от рычага 14 к золотнику 18, что приводит к его открыванию, пропуску газа в полость *B* и созданию давления на диафрагму 17. Сила давления газа на диафрагму 17 противодействует перемещению рычага 14 и связанной с ним рейки 15 топливного насоса, ограничивая подачу жидкого топлива на уровне запальной дозы.

Давление газа в полости *B* регулятора 2 устанавливается пропорциональным разности между восстанавливающей силой пружины 13 и поддерживающей силой центробежного чувствительного элемента 12. Таким образом, давление газа в полости *B* зависит от деформации пружины 13, которую устанавливают органом управления (педалью «газа»), и от частоты вращения: увеличивается при уменьшении частоты вращения двигателя и уменьшается при ее увеличении.

Из полости *B* регулятора расхода газа 2 газ подается в ограничитель давления газа 3 и дальше через дроссель 24*b* – в полость *Г* усилителя 4, который

поддерживает давление газа в полости D и в рампе 5 равным давлению газа в полости G независимо от расхода.

Коммутатор 10 вырабатывает импульсы тока постоянной длительности в соответствии с порядком работы цилиндров двигателя, чем обеспечивает поочередное открывание форсунок 6 и подачу газа к впускному коллектору 7 в зону расположения впускных клапанов. Газовые форсунки 6 приоткрываются на фиксированное время, пропуская некоторое количество газа, пропорциональное давлению в рампе 5. Итак, цикловая подача газа $q_{цк}$ будет линейно зависеть от давления газа в рампе, т.е., от давления в полости B регулятора 2 а значит – и от частоты вращения вала двигателя: при увеличении частоты вращения n цикловая подача газа $q_{цк}$ уменьшается, при уменьшении n – увеличивается.

Взаимодействие рычага 14 с золотником 18 зависит от режима работы двигателя. В случае отсутствия нагрузки (холостой ход) рычаг 14 отведен в правое положение силой центробежного чувствительного элемента 12 и не взаимодействует с толкателем 19. Золотник 18 закрыт и давление газа в полостях B , G и D отсутствует, газ в цилиндры двигателя не подается.

При увеличении нагрузки частота вращения вала двигателя уменьшается, уменьшается поддерживающая сила центробежного чувствительного элемента 12, рычаг 14 под действием восстанавливающей силы пружины 13 проворачивается против часовой стрелки и начинает взаимодействовать с толкателем 19. Золотник 18 приоткрывается и через него начинает проходить газ, создавая в полости B давление, пропорциональное силе действия рычага 14 на диафрагму 17, что предотвращает дальнейшее перемещение рычага 14 и связанной с ним рейки 15 топливного насоса в сторону увеличения подачи жидкого топлива. Увеличение нагрузки на двигатель приводит к уменьшению его частоты вращения, увеличению силы на толкатель 19 и диафрагму 17 и увеличению давления газа в полостях B , G и D , что определяет увеличение цикловой подачи газа в двигатель. При достижении номинальной нагрузки на двигатель в полостях B , G и D , устанавливается давление газа, при котором открывается клапан 25, пропускающий газ в дренажный канал с небольшим расходом, величина которого определяется характеристикой дросселя 24 б.

Увеличение нагрузки на двигатель выше номинальной (корректорный участок внешней скоростной характеристики) приводит к резкому уменьшению частоты вращения и увеличению давления в полости B . При этом благодаря наличию дросселя 24б и клапана 25 давление в полостях G , D и в рампе 5 повышаться не будет, что определяет стабильность цикловой подачи газа через форсунки. Повышение давления газа в полости B вызывает увеличение усилия, приложенного к толкателю 19 и служит причиной дополнительной деформации пружины 22, что сопровождается поворотом рычага 14 против часовой стрелки и увеличением (корректированием) цикловой подачи жидкого топлива. Величина этого увеличения определяется величиной зазора S , обусловленного устройством толкателя и устанавливается в зависимости от характера скоростной характеристики топливного насоса высокого давления.

Таким образом, предлагаемая конструктивная схема при работе газодизеля на корректорном участке внешней скоростной характеристики обеспечивает

коррекцию цикловой подачи жидкого и стабилизацию цикловой подачи газообразного топлива, что улучшает экономичность и экологичность двигателя. Регулирование подачи газа электронным коммутатором позволяет установить необходимые законы регулирования и на холостом ходу.

Выводы

1. Как показывает краткий анализ работ по применению природного газа в качестве моторного топлива, создание систем питания двигателей внутреннего сгорания природным газом является актуальным. В последнее время расширяется применение систем впрыска газа с электронным управлением.
2. Внедрение природного газа для питания двигателей в Украине ввиду отсутствия собственного двигателестроения должно осуществляться путем перевода (конвертирования) существующих двигателей установкой газового оборудования, производство которого может быть налажено на имеющихся машиностроительных или ремонтных предприятиях.
3. Применение газовых форсунок для подачи ГМТ в системе регулирования газодизеля ДГАУ позволяет устранить основной ее недостаток – обеспечить дозирование топлива на корректорном участке характеристики и увеличить устойчивость работы газодизеля на малых частотах вращения холостого хода.

Список использованной литературы

1. Закон України про альтернативні види рідкого та газового палива / Відомості Верховної Ради № 12. – К.: 2000, ст. 94
2. Бабич А.С. Всережимний регулятор газодизеля / А.С. Бабич, П.М. Кухаренко, В.А.Улексин. // Геотехническая механика. Межведомственный сборник. Выпуск 31.– Днепропетровск: «Полиграфист», 2002. С. 133-136.
3. Бабич А.С. Результати експлуатаційних випробувань газобалонних автомобілів КрАЗ-258 / А.С. Бабич, П.М. Кухаренко, В.О.Улексін // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету. Випуск 3 (14) – Кременчук, 2002. С. 37-38
4. Бабич А.С. Коректування характеристики автотракторного газодизеля / А.С. Бабич, П.М. Кухаренко, В.О.Улексін // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П.М.Василенка. Випуск 44 „Механізація сільськогосподарського виробництва”. Том 1.– Харків: ХНТУСГ, 2006. с. 133-137.
5. Бабич А.С. Результати випробувань газодизельних тракторів / А.С. Бабич, П.М. Кухаренко, В.О.Улексін, В.М.Яцук // Вісник Львівського національного аграрного університету: агроінженерні дослідження. № 12(2) – Львів: Львів. нац. аграр. ун-т, 2008. – С. 456...464.
6. Володин В.М. Использование газа в качестве топлива для тракторов / В.М. Володин // Обзор. информ. Сер.1. Тракторы и двигатели. Вып.1.– М.: ЦНИИТЭИ тракторосельхозмаш, 1989. – 48 с.

7. Кухаренко П.М. Формування коректорної характеристики газодизеля. / П.М. Кухаренко, В.О.Улексін, В.М.Яцук // Геотехническая механика: Межведомственный сборник научных трудов, выпуск 75–Днепропетровск: Институт геотехнической механики им. Н.С.Полякова НАН Украины, 2008. с.214-218
8. Кухаренко П.М. Дослідження роботи датчика витрати газу системи регулювання газодизеля Д-65Н / П.М. Кухаренко, В.О.Улексін, В.М.Яцук // Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету, № 2-09 – Дніпропетровськ, 2009. – С. 227-229.
9. Кухаренко П.М. Методика експериментальних досліджень роботи газодизеля на режимі холостого ходу / П.М. Кухаренко, В.О.Улексін, В.М.Яцук // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. „Проблеми технічної експлуатації машин”, випуск 109. – Харків, 2011. С. 34...39
10. Пронин Е.Н. Системы управления подачей природного газа для двигателей (по материалам конференции и выставки Международной ассоциации использования природного газа на транспорте IANGV, Йокогама, Япония) / Е.Н. Пронин, В.А. Бурцев // Информационный бюллетень №2 (7) – М.: Национальная газомоторная ассоциация, 2001. – 19 с.
11. Чернявский А. Газодизель. /Техника молодежи, № 11, 1948. – С. 5-8.
12. Пат. 82708 Україна, МПК⁴F02В69/04. Пристрій для регулювання потужності газодизеля / А.С. Бабич, П.М. Кухаренко, В.О., Улексін, В.М. Яцук. Опублік. 2008. Бюл. № 9,
13. Пат. 87768 Україна, МПК⁴F02В69/04. Пристрій для регулювання потужності газодизеля / А.С.Бабич, С.В.Безрукавий, В.М. Панченко, В.О. Улексін. Опублік. 2009. Бюл. №11)

Анотація

Конструктивна схема подачі природного газу для автотракторних газодизелів

Улексін В. О., Стремоухов О. Б.

Аналізуються пристрої для подачі газу в двигуни внутрішнього згорання провідних фірм. Обґрунтована конструктивна схема системи подачі природного газу та всережимного регулювання автотракторного газодизеля з використанням газових форсунок з електронним керуванням.

Abstract

Design scheme of natural gas supply for motor diesel engines

V. Uleksin, A. Stremouhov

The devices for gas supply to internal combustion engines of leading companies are analyzed. The constructive scheme of the system of natural gas supply and all-Bank regulation of motor gas diesel engine with the use of gas injectors with electronic control.

СТАН СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ОХОРОНОЮ ПРАЦІ НА ПІДПРИЄМСТВАХ УКРАЇНИ

Хворост Т.В., к.е.н., доц.

Сумський національний аграрний університет

Робота присвячена дослідженню сучасного стану охорони праці в Україні. Стан охорони праці в Україні можна визначити як вкрай незадовільний, що підтверджується даними державної статистичної звітності щодо умов праці та виробничого травматизму, науковими дослідженнями щодо захворюваності населення працездатного віку, та матеріалами членських організацій Федерації профспілок України з цих питань. На сьогоднішній день в середньому в шкідливих та небезпечних умовах працює практично кожен третій робітник. Мета дослідження полягає в дослідженні сучасного стану системи управління охороною праці на підприємстві, створити загальне розуміння організації та реалізації менеджменту охорони праці та застосування економічних методів управління, які мають забезпечити основу для вирішення питання про те, як безпека праці може бути частиною управління підприємства. Також розглядаються економічні методи управління охороною праці, які виконують роль економічних стимулів та необхідність впровадження на вітчизняних підприємствах ризик-орієнтованого менеджменту, застосування OHSAS 18001:2010 (ISO 45001) в управлінській практиці. Та запровадження якісного навчання майбутніх керівників та спеціалістів у закладах вищої освіти, які мають забезпечити виховання в них розуміння необхідності дотримання вимог безпеки.

Ключові слова - охорона праці, виробничий травматизм, менеджмент охорони праці, економічні методи управління охороною праці, ризик-орієнтований менеджмент.

Постановка проблеми у загальному вигляді.

Проблема збереження трудового потенціалу України в останні роки набула важливого загальнодержавного значення, оскільки вона характеризується зменшенням кількості працездатного населення, зниженням його професійно-освітнього рівня, вибуттям зі сфери застосування праці професійно підготовлених працівників через виробничий травматизм і професійні захворювання, значним рівнем трудової міграції та падінням престижності праці. Стан охорони праці в Україні можна визначити як вкрай незадовільний, що підтверджується даними державної статистичної звітності щодо умов праці та виробничого травматизму, науковими дослідженнями щодо захворюваності населення працездатного віку, та матеріалами членських організацій Федерації профспілок України з цих питань. В сучасних умовах застосування економічних методів управління охороною праці, а також різних економічних аспектів, за допомогою яких можливе якісне поліпшення стану охорони праці нині є

актуальним, а питання, щодо впливу економічних чинників на поліпшення умов охорони праці, займає значне місце у дослідженнях сучасних економістів. Так, якісний менеджмент охорони праці є однією з передумов забезпечення конкурентоздатності підприємства на вітчизняному та світовому ринках.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Різноманітні економічні аспекти охорони праці вивчалися багатьма зарубіжними та вітчизняними науковцями. Вагомий внесок в дослідження соціально-економічної проблеми менеджменту охорони праці здійснили такі вітчизняні вчені як О.І. Амоша, Г.Г. Гогіташвілі, В.С. Джигирей, В.Ц. Жидецький, А.М. Кутиркін, Л.П. Керб, Л.М. Логачова, Н.Д. Лук'яненко, О.В. Мартякова, І.М. Миценко, та інші.

Формулювання мети статті.

Мета дослідження полягає в дослідженні сучасного стану системи управління охороною праці на підприємстві, створити загальне розуміння організації та реалізації менеджменту охорони праці та застосування економічних методів управління, які мають забезпечити основу для вирішення питання про те, як безпека праці може бути частиною управління підприємства.

Виклад основного матеріалу.

Європейська практика управління охороною праці зазначає, що обов'язком роботодавця є створення безпечних умов праці, правильна організація та обладнання робочого місця, забезпечення надійності роботи устаткування, використання обладнання та витратних матеріалів, яке відповідає сучасним стандартам у галузі, а також забезпечення безпечного використання шкідливих або небезпечних речовин, в свою чергу до обов'язків працівника входить дотримання правил встановлених на підприємстві, також використання робочого місця дозволяється тільки у тому випадку, якщо роботодавець може гарантувати його повну безпеку. Отже, працівник допускається на робоче місце лише тоді, коли всі можливі виробничі ризики, які пов'язані з умовами праці, небезпекою устаткування, механізмів, речовин, оцінені та усунуті [1]. Але українські реалії показують зовсім іншу картину. Так, Правова та технічна інспекції праці профспілок, за результатами семінару-наради, яка проходила в травні 2017, визнали стан безпеки праці в Україні як критичний, рівень забезпечення захисту охорони здоров'я працівників на виробництві не задовільний, а здійснення державного нагляду у сфері охорони праці через обмеження нормами Закону України «Про основні засади здійснення державного нагляду у сфері господарської діяльності» не дієвим та не ефективним [2].

Згідно з останніми дослідженнями вітчизняних науковців [3] кількість працівників, які працюють в умовах, що не відповідають встановленим нормам з охорони праці, стрімко збільшилася з 15 до 30 % від загальної чисельності працівників. На сьогоднішній день в середньому в шкідливих та небезпечних умовах працює практично кожен третій робітник. Біля 17 тис. громадян щороку стають інвалідами. Згідно з офіційними даними Фонду соціального страхування від нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань України у 2017 році зареєстровано 4965 потерпілих від нещасних випадків на виробництві, що на 4,2 % більше ніж у 2016 році (з них 364 – смертельно, на 8,8% менше

минулого року). Якщо ж порівнювати з 2015 роком, то ця цифра зросла на 8,1%, а кількість смертельних випадків відповідно на 1%. Станом на 01.01.2017 року 218,474 тис. осіб одержали страхові виплати внаслідок трудового каліцтва або професійного захворювання. З них 670 осіб отримали одноразову допомогу у зв'язку з втратою годувальника [4]. Протягом 2011 – 2017 років щорічно на виробництві в Україні реєструється в середньому до 5 тис. нещасних випадків, із них до 9% – зі смертельним наслідком.

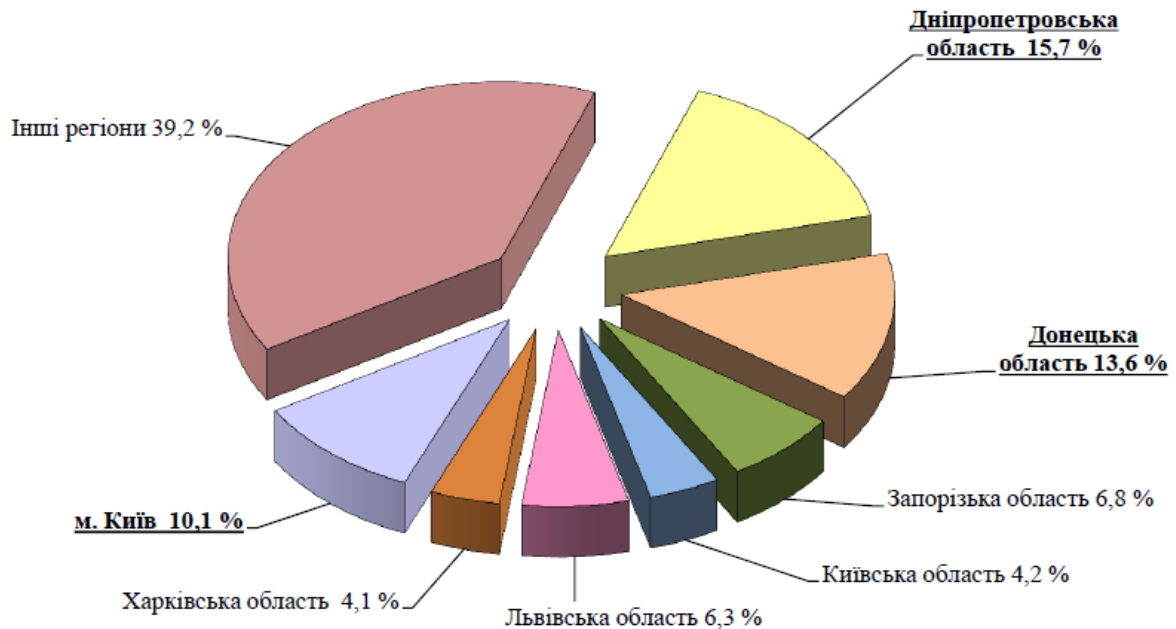


Рис. 1 – Розподіл страхових нещасних випадків по регіонах України у відсотковому співвідношенні у 2017 році [5]

Дані цифри показують, що в наслідок таких втрат працівниками здоров'я та життя економіка зазнає великих збитків. Аварії та нещасні випадки, як і позови, судові витрати, втрачений час виробництва та не дотримання державних вимог з охорони праці коштують дуже дорого як для підприємства, так і для держави в цілому. Так, лише за 2016 рік Фондом соціального страхування від нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань України виплачено страхових виплат потерпілим на виробництві (членам їх сімей), реабілітацію та лікування, оплату пільг і компенсацій працівникам за роботу у важких та шкідливих умовах праці 5509,2 млн. грн. [4].

Так, відповідно до даних Управління виконавчої дирекції Фонду соціального страхування від нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань України у Харківській області основними причинами через які сталися страхові нещасні випадки у 2016 році стали технічні (33,6%), психофізіологічні (33,6%) та організаційні (59,6%). [6].

Значною проблемою сьогодення в трудових відносинах є «тіньова» зайнятість, яка чинить багато перешкод для ефективної роботи СУОП. У випадку прийняття працівника на роботу на умовах цивільно-правової угоди такий працівник втрачає соціальний захист держави, передбачений трудовим законодавством, а більшість роботодавців, які використовують неоформлених належним чином робітників, не вважають за потрібне створювати належні

безпечні умови праці та не забезпечують їх засобами індивідуального захисту. Отже, використання цивільно-правових угод також є причиною у збільшенні ризику настання нещасних випадків на виробництві та збільшенню професійних захворювань, які, як правило, не відображає статистична інформація.

На нинішній стан охорони праці, незадовільні умови праці та високі рівні виробничого травматизму також негативно впливає недостатнє фінансування охорони праці. Мінімальні розміри витрат на охорону праці, які визначені в ЗУ «Про охорону праці» не відповідають сучасним економічним умовам України, коли у декілька разів виросли необхідні затрати на проведення цих заходів. Якщо виникають великі витрати пов'язані з певним виробничим процесом, щодо встановлення обладнання, або його запуску чи експлуатації, як правило, існує дуже велика вірогідність, що керівництво буде намагатися їх зменшити за рахунок здоров'я та безпеки. Безпека та здоров'я є важливими аспектами, які необхідно враховувати при оцінці витрат на робочому місці.

Економічні методи управління охороною праці направлені на створення таких умов на підприємстві, які мають стимулювати його діяльність у напрямку досягнення безпеки життя і здоров'я працівників з урахуванням потреб та інтересів всіх учасників виробничого процесу. Від інших методів управління вони відрізняються тим, що базуються не на страху покарання, а на отриманні економічної вигоди. Тобто, економічні методи управління охороною праці – це інструмент, за допомогою якого створюються такі умови господарювання для роботодавців, що їм стає вигідніше спрямовувати свої економічні ресурси на попередження травматизму, професійної захворюваності та поліпшення стану умов і охорони праці ніж на компенсації потерпілим та ліквідацію наслідків неналежного стану безпеки, гігієни праці та виробничого середовища. [7]

Так науковцями виділяються економічні методи, які виконують роль економічних стимулів (системи стимулювання охорони праці на підприємстві, централізовані системи стимулювання власників підприємств: штрафи, знижки, надбавки до страхових тарифів тощо). Результатом застосування даних методів є очевидна економічна вигода особи чи підприємства, за належне виконання вимог щодо охорони праці (дотримуєшся вимог - отримуєш за це економічну вигоду, або не дотримуєшся вимог – сплачуєш штраф). Так, наприклад, з штрафні санкції за використання праці одного неоформленого працівника з 1 січня 2018 року становлять 111 690 грн. Тож ліпше використати кошти на оплату праці офіційно оформлених працівників, ніж сплачувати штраф за приховування трудових відносин. Інша група економічних методів базується на непрямих стимулах (економічний стимул проявляється через ланцюжок причинно-наслідкових зв'язків). Не слід забувати про повсемісну наглядну інформацію, яка постійно повинна оновлюватись з метою привернення уваги потенційного користувача: стенди, об'яви, попередження.

Науковці у своїх працях визначають, що річна економія підприємства від покращення умов та безпеки праці включає в себе: економію від зменшення професійної захворюваності; економію від зменшення травматизму та нещасних випадків; економію від зменшення плинності кадрів; і як результат економію від скорочення пільг і компенсацій за роботу в несприятливих умовах.

До економічних результатів впливу безпечних умов праці на працівників належать збільшення продуктивності праці та раціональне використання основних виробничих фондів. За даними досліджень викладеними у статті [8], від комплексу заходів з покращення умов праці на підприємство може отримати приріст продуктивності праці у 15-20%. Так, лише приведення у відповідність до норм освітлення на робочих місцях збільшить продуктивність праці на 6-13% та скоротить брак на 25%. Правильна організація робочого місця збільшує продуктивність праці на 21%.

Витрати на запобігання нещасним випадкам одразу можуть і не відобразитися у збільшенні прибутку, але однозначно показують уникнення витрат, які трапляються у випадку їх настання. Отже, економічний ефект від покращення безпеки та умов праці призведе до зменшення плинності кадрів, збільшення фонду робочого часу, підвищення ефективності використання обладнання, зменшення витрат на пільги та компенсації за несприятливі умови праці тощо.

Дуже важливим кроком є впровадження на вітчизняних підприємствах ризик-орієнтованого менеджменту, так спираючись на досвід Австрії після ухвалення у 1996 р. закону про охорону праці, яким передбачалося його впровадження, кількість нещасних випадків і профзахворювань у країні зменшилася вдвічі [3]. Застосування OHSAS 18001:2010 (ISO 45001) в управлінській практиці допоможе підприємствам звести до мінімуму або й навіть повністю виключити професійні захворювання на виробництві, нещасні випадки, зокрема зі смертельними наслідками [9].

Для приведення Системи управління охороною праці у відповідність до міжнародних стандартів кожен роботодавець повинен розробити власну політику з охорони праці використовуючи стандарт ДСТУ OHSAS 18001:2010 (ISO 45001), політику підприємства і оцінювання ризиків, де на першому місці мають бути вимоги щодо забезпечення безпечних, здорових та комфортних умов праці. Але ефективне функціонування даної системи великою мірою залежить від відношення до неї працівників підприємства й готовності дотримуватися всіх вимог, починаючи від керівника і до конкретного працівника. Керівництво підприємства відіграє важливу роль у застосуванні засобів контролю за небезпеками та залученні працівників до включення безпеки праці у свою діяльність. Тому навчаючи майбутніх керівників та спеціалістів заклади вищої освіти повинні прикладати максимум зусиль для виховання в них розуміння необхідності дотримання вимог безпеки та забезпечення таких вимог у повному обсязі своїм майбутнім працівникам. Освіта з таких питань, як безпека праці, управління небезпеками є надзвичайно важливим елементом для менеджменту охорони праці. Систематичний підхід до навчання – це добре організована, упорядкована методика навчання з метою дозволити учасникам отримувати знання та досвід, що стосуються ситуацій, з якими вони стикаються щодня. Гарна підготовка з безпеки праці повинна бути ретельно продумана і ретельно дотриманий весь спектр підходів до навчання в галузі безпеки. Відповідна організаційно-виховна робота повинна проводитись систематично на протязі всієї трудової діяльності людини.

Висновки

Спираючись на світовий досвід можна зробити висновок про те, що економічна ефективність та стабільність будь-якого виробництва базується на якісному менеджменті охорони праці, адже безпека праці та продуктивність йдуть пліч опліч. Підприємство, яке ігнорує вимоги охорони праці підриває в цілому економічну ефективність підприємства.

Менеджмент охорони праці на підприємстві повинен починатись, по-перше, з політики підприємства, яка визначає надзвичайну важливість безпеки життя та здоров'я, визначає відповідальність, повноваження та підзвітність; по-друге, повинна створюватися така організаційна культура, яка ставить безпеку життя та здоров'я людини на вершині організаційних пріоритетів, а також безпека праці повинна бути в кожному організаційному елементі підприємства. Також, необхідним кроком є впровадження на вітчизняних підприємствах ризик-орієнтованого менеджменту, застосування OHSAS 18001:2010 (ISO 45001) в управлінській практиці. Дуже важливою основою для забезпечення всіх вимог охорони праці є навчання майбутніх керівників та спеціалістів у закладах вищої освіти, які мають забезпечити виховання в них розуміння необхідності дотримання вимог безпеки.

Список використаних джерел

1. Розповідає експерт (інтерв'ю Екехарда Бауера, міжнародного експерта з питань якості, ризик-менеджменту, систем управління охороною праці, провідного аудитора, виконавчого віце-президента Quality Austria) - Режим доступу:
<http://www.ucnovator.com.ua/%D1%80%D0%BE%D0%B7%D0%BF%D0%BE%D0%B2%D1%96%D0%B4%D0%B0%D1%94-%D0%B5%D0%BA%D1%81%D0%BF%D0%B5%D1%80%D1%82-%D1%96%D0%BD%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B2%D1%8E-%D0%B5%D0%BA%D0%B5%D1%85%D0%B0%D1%80%D0%B4%D0%B0/>
2. Готуємось до 100-річчя від Дня утворення технічної інспекції праці профспілок / Правова та технічна інспекції праці профспілок. Матеріали семінар-наради 18-19 травня 2017 «Підсумки роботи технічних інспекторів праці членських організацій ФПУ за 2016 рік, сучасні виклики та пріоритетні завдання на 2017-2018 роки» - Режим доступу: <http://www.fpsu.org.ua/napryamki-diyalnosti/okhorona-pratsi-i-zdorov-ya/12368-11>
3. Цогла О.О. Економічні методи управління охороною праці на промисловому підприємстві / О. О. Цогла // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". Проблеми економіки та управління. - 2016. - № 847. - С. 178-182. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/VNULPP_2016_847_29
4. ЗВІТ про страхову діяльність Фонду соціального страхування від нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань України за 2016 рік - Режим доступу: <http://www.social.org.ua/view/6141>

5. Звіт Фонду соціального страхування України Профілактика виробничого травматизму та професійних захворювань за 2017 рік - Режим доступу: <http://www.fssu.gov.ua/fse/control/main/uk/publish/article/954522>
6. Розподіл страхових нещасних випадків за групами причин у відсотковому співвідношенні у 2016 році Харківська обл. - Режим доступу: <http://fsnvu.kharkov.ua/wps/wp-content/uploads/2017/03/13.jpg>
7. Капленко Г.Г. Економічні методи управління охороною праці / Г.Г. Капленко, С.П. Дмитрюк // Безпека людини в сучасних умовах VII міжнародна науково-методична конференція - 2015- С. 33-42
8. Сорочинська О. Соціальні та економічні аспекти охорони праці / О. Сорочинська //Збірник наукових праць Державного економіко-технологічного університету транспорту. Сер. : Транспортні системи і технології. - 2013. - Вип. 22. - С. 194-200. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Znpdetut_tsit_2013_22_32
9. Цопа В. Новый стандарт ISO 45001 по управлению охраной труда / В. Цопа// Охрана труда. –2015. –№2. –С. 22–26.

Аннотация

СОСТОЯНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОХРАНОЙ ТРУДА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ УКРАИНЫ

Хворост Т. В.

В статье рассматриваются состояние охраны труда в Украине, экономические методы управления охраной труда и необходимость внедрения на отечественных предприятиях риск-ориентированного менеджмента, применение OHSAS 18001: 2010 (ISO 45001) в управленческой практике, и внедрение качественного обучения будущих руководителей и специалистов в учреждениях высшего образования, которые должны обеспечить воспитание у них понимание необходимости соблюдения требований безопасности.

Abstract

STATE OF THE LABOR MANAGEMENT SYSTEM AT UKRAINE'S ENTERPRISES

T. Khvorost

The article deals with the state of labor protection in Ukraine, the economic methods of labor protection management, and the need for implementation of risk-oriented management at domestic enterprises, application of OHSAS 18001: 2010 (ISO 45001) in management practice, and the introduction of high-quality training of future managers and specialists in higher education institutions Education, which should provide education in them understanding of the need to comply with safety requirements.

ЗМІНА ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ДВИГУНА В РЕЖИМІ РОБОТИ БЕЗ НАВАНТАЖЕННЯ ПРИ ВІДКЛЮЧЕННІ ЦИЛІНДРІВ

Полянський О. С., д.т.н., проф., Молодан А. О., к.т.н., доц., докторант

*Харківський національний
автомобільно-дорожній університет*

Розглянуті 3 варіанти роботи двигуна без навантаження: 1 – випробування вихідного двигуна; 2 – випробування з відключенням чотирьох циліндрів припиненням подачі палива; 3 – випробування з відключенням чотирьох циліндрів одночасним припиненням подачі палива і відсутністю насосних втрат циліндро-поршневої групи (ЦПГ) відключених циліндрів.

Встановлено, що при збільшенні частоти обертання колінчастого валу від 1400 хв-1 до 2550 хв-1 при відключенні подачі палива в половину циліндрів економія палива змінюється від 0,0 до 0,53 кг/год, При відключенні палива і при відсутності насосних втрат ЦПГ економія палива змінюється від 1,2 кг/год до 3,88 кг/год. Розроблено рекомендації, які дозволяють шляхом відключення частини циліндрів збільшити економічність колісних машин на 11 - 26%.

Ключові слова: *двигун, відключення циліндрів, робота без навантаження, насосні втрати.*

Вступ. У сфері експлуатації при використанні колісних машин автотракторний двигун значний час працює на часткових навантаженнях [1]. При навантаженні до 50% двигун працює приблизно 40% часу, при навантаженні 50-65% – ще 40% часу і тільки 20 % часу – при навантаженні від 70% до повної потужності [2]. В умовах реальної експлуатації в господарствах час роботи двигуна на холостому ході і малих навантаженнях може бути ще більш тривалим, особливо в осінньо-зимовий період. Для двигунів вантажівок тільки 70-80% часу припадає на чисту роботу при середньому навантаженні до 70%, а решту часу – на транспортні операції з навантаженням двигуна 20-30%.

Аналіз останніх досягнень і публікацій. Економічність роботи дизелів істотним чином залежить від ступеня їх завантаження. Найвищі значення економічності досягаються на номінальному режимі, а на режимах малих навантажень і холостого ходу істотно знижуються, що пов'язано з погіршенням сумішоутворення і згоряння палива, підвищенням нерівномірності подачі палива [3, 4]. Доцільність застосування цього способу підтверджується численними дослідженнями автотракторних двигунів, проте широкого застосування в практиці цей спосіб поки ще не знайшов, частково із-за відсутності обґрунтованих режимів відключення доцільного кількості їх циліндрів і надійних пристроїв для відключення.

Мета та постановка задачі. Метою дослідження є покращення експлуатаційних показників двигуна в режимі роботи без навантаження шляхом обґрунтування кількості відключення циліндрів та визначення енергетичних

параметрів його роботи. Досягнення поставленої мети передбачає вирішення наступних задач:

– визначити взаємозв'язки експлуатаційних показників роботи дизельного двигуна (на прикладі КамАЗ-740) на холостому ходу (без навантаження) при відключення половини циліндрів;

– визначити характер впливу насосних втрат в ЦПГ відключених циліндрів на енергетичні параметри роботи дизельного двигуна КамАЗ-740 на холостому ходу (без навантаження).

Визначення параметрів роботи дизельного двигуна КамАЗ-740 при відключенні частини його циліндрів без навантаження.

Робота двигуна на режимах малих навантажень і холостого ходу, як правило, характеризується погіршенням його основних показників. У зв'язку з цим виникає необхідність у поліпшенні роботи двигуна на цих режимах. Одним із способів є відключення частини циліндрів двигуна. Для виявлення впливу відключення частини циліндрів двигуна на його роботу на кафедрі «Технології машинобудування і ремонту машин» ХНАДУ проведені відповідні дослідження.

Дослідження характеристик двигуна КамАЗ-740 при відключенні частини циліндрів проведені на стаціонарному стенді КІ-5274 в умовах авторемонтного виробництва ХАРЗ-110 та ХАРЗ-126. Гальмівний стенд був обладнаний вимірювальними пристроями та контрольною апаратурою згідно ГОСТ 14846-81 (СТ СЭВ 765-77) [5] і включав в себе електричну балансирну машину АКБ 101-4. Параметри роботи двигуна визначали при трьох варіантах випробувань:

1 – випробування вихідного двигуна;

2 – випробування з відключенням чотирьох циліндрів припиненням подачі палива;

3 – випробування з відключенням чотирьох циліндрів одночасним припиненням подачі палива і відсутністю насосних втрат циліндро-поршневої групи (ЦПГ) відключених циліндрів. При відключенні насосних втрат ЦПГ, клапани залишаються працювати, але застосовується перепускний клапан на кожен циліндр, що встановлюється до отвору паливної форсунки. Варіанти випробувань на рисунках позначено відповідно цифрами 1, 2, 3.

Як відомо [6], індикаторна потужність двигуна N_i є сума ефективної потужності N_e і потужності механічних втрат N_{MB} :

$$N_i = N_e + N_{MB} \text{ кВт.} \quad (1)$$

В режимі холостого ходу (без навантаження) ефективна потужність дорівнює нулю [7], тобто вся потужність, що розвивається двигуном, витрачається на подолання механічних втрат:

$$N_i = N_{MB} . \quad (2)$$

При збільшенні частоти обертання колінчатого валу від 1400 хв⁻¹ до 2550 хв⁻¹ параметри роботи двигуна змінювалися наступним чином.

Циклова подача палива зростає при всіх варіантах випробувань (рис. 1), тому що для підвищення частоти обертання колінчастого валу необхідно долати зростаючу потужність механічних втрат, що здійснюється нарощуванням циклової подачі шляхом збільшення активного ходу плунжера важелем подачі палива.

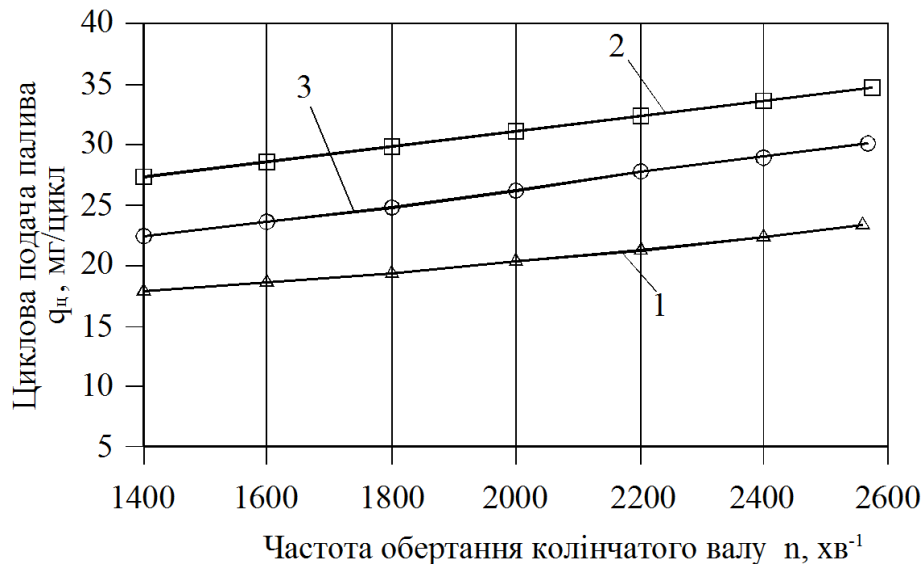


Рис. 1 – Залежність циклової подачі від частоти обертання двигуна

При відключенні тільки циклова подача палива (крива 2) у порівнянні з вихідним варіантом збільшилася. Це сталося, тому що при відключенні подачі палива у 1 та 4 і 6 та 7 циліндрі індикаторна потужність двигуна зменшилася, при цьому частота обертання колінчастого валу знизилася, а для їх збереження на колишньому рівні збільшили циклову подачу з допомогою важеля акселератора практично вдвічі.

При варіанті з відключенням палива та відсутністю насосних втрат в ЦПГ (крива 3) циклова подача палива вище в порівнянні з вихідним, що пояснюється тими ж причинами, що і збільшення при відключенні тільки палива, а порівняно з другим варіантом – нижче, що викликано зниженням механічних втрат (зменшилися насосні втрати в ЦПГ).

Годинна витрата палива визначається за формулою [6]:

$$G_{\text{ц}} = \frac{1,2 \cdot q_{\text{ц}} \cdot n \cdot z_p}{10^4 \cdot \tau} = g_i \cdot N_i = \frac{3600}{H_u \cdot \eta_i} \cdot N_{\text{мв}} \text{ кг/год}, \quad (3)$$

де $q_{\text{ц}}$ – циклова подача палива, мг/цикл;

n – частота обертання колінчастого валу, хв⁻¹;

z_p – кількість працюючих циліндрів (для другого і третього варіантів

$z_p = 4$, для першого $z_p = 8$);

τ – число тактів;
 g_i – питома індикаторна витрата палива, г/(кВт-год);
 H_u – нижча теплота згорання палива, МДж/кг;
 η_i – індикаторний ККД.

Зі збільшенням частоти обертання валу двигуна часовий витрата палива підвищується при всіх варіантах випробувань, що пов'язано зі збільшенням циклової подачі і з збільшенням кількості циклів в одиницю часу (рис. 2).

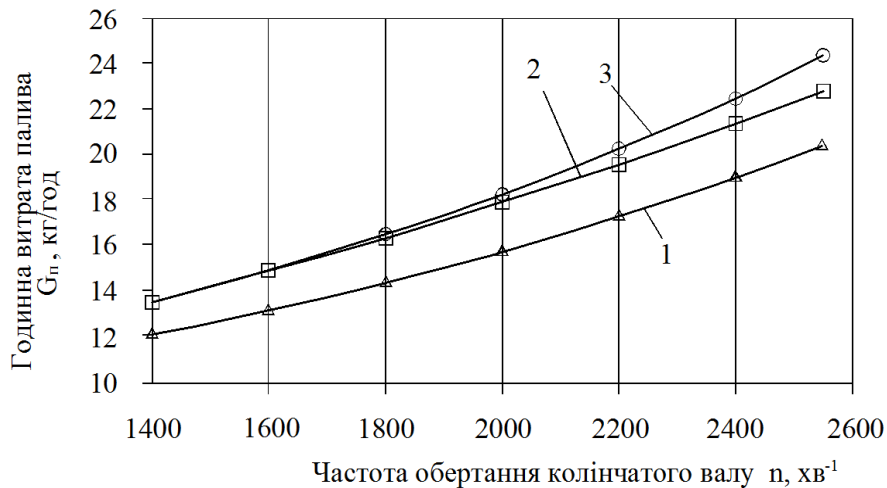


Рис. 2 – Залежність годинної витрати палива від частоти обертання двигуна

При відключенні тільки палива (крива 2) часова витрата палива зростає від 1,83 кг/год при $n=1400$ хв⁻¹ до 4,97 кг/год при $n=2550$ хв⁻¹, при цьому різниця з першим варіантом знаходиться в межах від 0,0 до 0,5 кг/год. При третьому варіанті зростає від 1,33 кг/год до 5,11 л/год, а в порівнянні з першим різниця становить від 0,41 кг/год до 1,1 кг/год. Зниження годинної витрати палива при другому і третьому варіантах порівняно з першим пояснюється тим, що при відключенні палива в частині циліндрів в інших покращився процес згорання, викликане поліпшенням випаровування (за рахунок підвищення температури), збільшенням далекобійності струменя палива, поліпшення розпилу, зниження нерівномірності подачі по циліндрах з-за збільшення циклової подачі, тобто підвищився індикаторний ККД. Більше зниження в 3 варіанті пов'язано з тим, що додатково до поліпшення процесу згорання відбувається зменшення втрат насосних ходів в приводі ЦПП чотирьох циліндрів.

Дійсна витрата повітря визначається по залежності [6]:

$$G_{\text{пов}} = K \sqrt{\Delta h \cdot \rho_{\text{пов}}} \text{ кг/год}, \quad (4)$$

де K – постійна мірного насадка, $K=24$;

Δh – свідчення U -образного водяного манометра, показує розрідження у впускному колекторі, мм вод. ст.;

$\rho_{\text{пов}}$ – щільність повітря при температурі навколишнього (приймаємо постійної), кг/м³.

При 1, 2, 3 варіантах випробувань $G_{\text{пов}}$ збільшується (рис. 3) з-за зростаючого розрідження у впускному колекторі при підвищенні частоти обертання колінчатого валу.

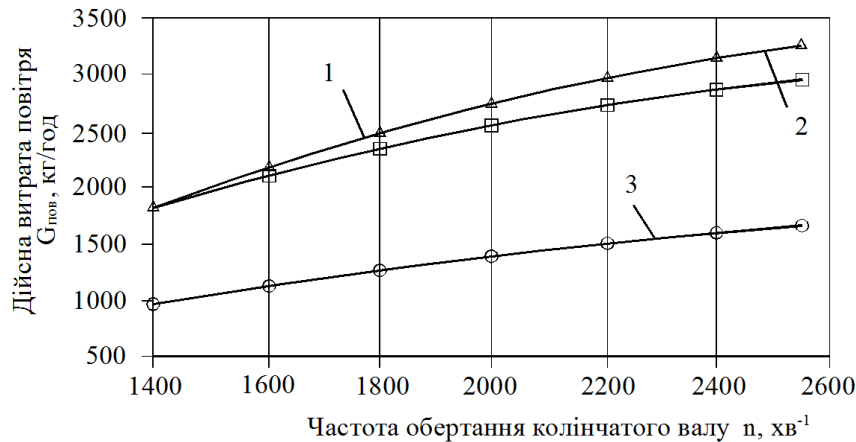


Рис. 3 – Залежність дійсної витрати повітря від частоти обертання двигуна

При 2 варіанті дійсна витрата повітря дещо знижується. Пояснюється це наступним: при такті випуску під час перекриття фаз газорозподілу, коли відкриті впускний і випускний клапани, що виходять відпрацьовані гази затягують в циліндр свіже повітря, а так як в даному випадку в чотири циліндра подачі палива немає, відпрацьованих газів немає, то і величина дійсної витрати повітря тому зменшується за рахунок перепускних клапанів. При відключенні насосних втрат в ЦПГ (крива 3) порівняно з 1 та 2 варіантами зменшується майже вдвічі за рахунок того, що відсутні насосні втрати в відключених циліндрах.

Коефіцієнт надлишку повітря визначається по залежності [6]:

$$\alpha = \frac{G_{\text{пов}}}{G_{\text{п}} \cdot L_0}, \quad (5)$$

де L_0 – теоретично необхідна кількість повітря для спалювання одного кілограма палива, кг/кг

При всіх варіантах випробувань α знижується (рис. 4), так як темп зростання годинної витрати палива $G_{\text{п}}$ вище, ніж темп зростання дійсної витрати повітря $G_{\text{пов}}$. Так, наприклад, при 1 варіанті $G_{\text{п}}$ збільшується в 4,01 рази, а $G_{\text{пов}}$ в 1,97 рази.

При другому варіанті випробувань коефіцієнт надлишку повітря найнижчий, з-за того що величина дійсної витрати повітря зменшується наполовину, так як тільки в половині циліндрів двигуна відбувається сумішоутворення. При третьому варіанті α нижче, ніж у вихідного двигуна, з-за того що з відключенням насосних втрат ЦПГ в частині циліндрів витрата повітря зменшився в більшій мірі, ніж витрати палива (на номінальному режимі $G_{\text{пов}}$ знизився в 2 рази, а $G_{\text{п}}$ в 1,3 рази), але вище, ніж при відключенні тільки палива,

що пов'язано з різницею у витраті палива при 2 і 3 варіантах і з тим, що $G_{\text{пов}}$ при відключенні палива відрізняється від $G_{\text{пов}}$ при відключенні палива та насосних втрат ЦПГ менше, ніж у 2 рази. Залежність індикаторного ККД від коефіцієнту надлишку повітря в даному випадку відсутня, так як величина $\alpha \geq 3$.

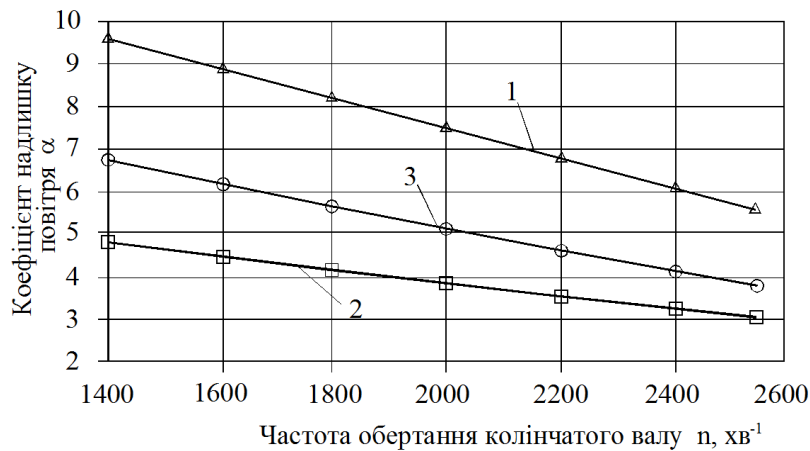


Рис. 4 – Залежність коефіцієнта надлишку повітря від частоти обертання двигуна

Теоретична витрата повітря визначається по залежності:

$$G_{\text{Тпов}} = 0,12 \cdot V_h \cdot z_p \cdot \rho_{\text{пов}} \cdot \frac{n}{\tau} = C \cdot \rho_{\text{пов}} \cdot n \cdot z_p \text{ кг/год}, \quad (6)$$

де V_h – робочий об'єм одного циліндра, л;
 z_p – кількість працюючих циліндрів двигуна (в даному випадку у 1 і 2 варіантах $z_p = 8$, у третьому $z_p = 4$);
 C – постійна (для двигуна КамАЗ-740 $C = 0,12 \cdot V_h / \tau = 0,02034$).

Як видно з рисунка 5, для всіх варіантів випробування $G_{\text{Тпов}}$ зростає за рахунок збільшення частоти обертання двигуна n .

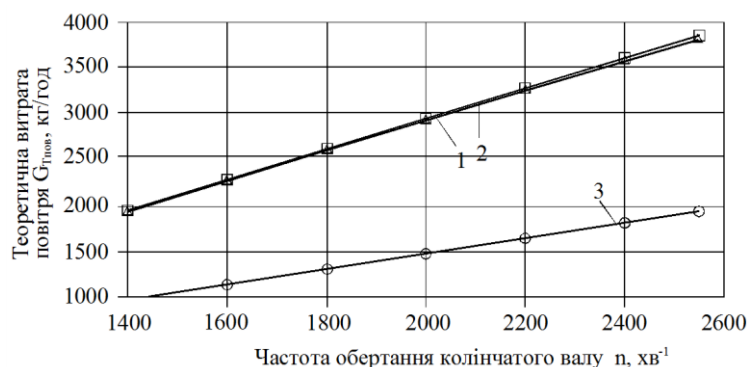


Рис. 5 – Залежність теоретичного витрати повітря від частоти обертання двигуна

При 1 і 2 варіантах випробувань $G_{\text{Тпов}}$ однакова при відключенні циліндрів по варіанту 3 зменшився в 2 рази за рахунок відсутності насосних втрат в 1 та 4 і 6 та 7 циліндрах.

Коефіцієнт наповнення η_v дорівнює відношенню дійсної витрати повітря $G_{\text{пов}}$ до теоретичного $G_{\text{Тпов}}$:

$$\eta_v = \frac{G_{\text{пов}}}{G_{\text{Тпов}}}. \quad (7)$$

Для всіх варіантів випробувань η_v знижується (рис. 6) з-за різного темпу зміни дійсного витрати повітря і теоретичного (для 1 варіанту $G_{\text{пов}}$ зростає в 1,71 рази, $G_{\text{Тпов}}$ зростає в 1,96 рази). Зниження темпу зростання $G_{\text{пов}}$ пояснюється зменшенням щільності повітря з-за нагріву у впускному колекторі і підвищенням температури з ростом частоти обертання двигуна, а також за рахунок збільшення аеродинамічних втрат. При варіанті з відсутністю насосних втрат в ЦПГ порівняно з вихідним двигуном коефіцієнт наповнення збільшився з-за того, що нагрівання повітря відбувається тільки в чотирьох циліндрах, на відміну від восьми, а також через зменшення аеродинамічного опору на впуску.

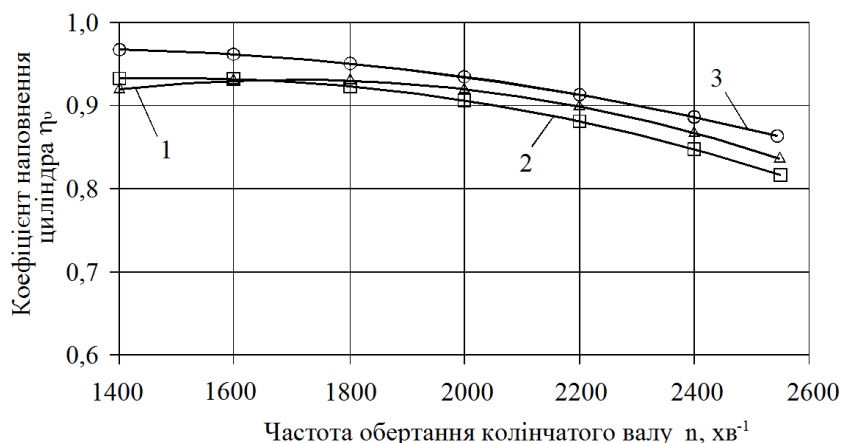


Рис. 6 – Залежність коефіцієнта наповнення від частоти обертання двигуна

Температура відпрацьованих газів зростає при всіх варіантах (рис. 7), так як збільшується кількість введеного за цикл тепла (збільшенням циклової подачі), зменшуються втрати тепла (з зменшенням часу циклу), догорання продовжується на такті випуску (за рахунок зменшення часу процесу згорання).

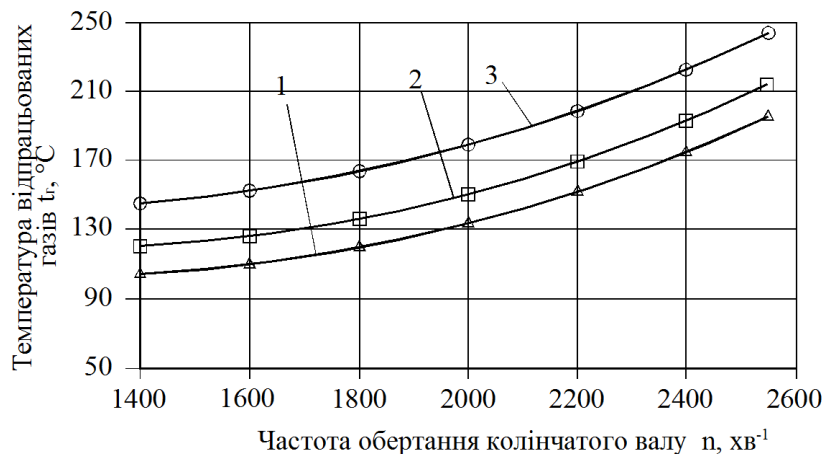


Рис. 7 – Залежність температури відпрацьованих газів від частоти обертання двигуна

При другому і третьому варіантах температура відпрацьованих газів збільшилася в порівнянні з першим, так як зросла циклова подача палива, при другому варіанті вона нижче, ніж при третьому, так як, відпрацьовані гази, що виходять з працюючих другого, третього, п'ятого і восьмого циліндрів, розбавляються повітрям, що виходить з 1 та 4 і 6 та 7 циліндрів.

Індикаторний ККД визначається за формулою:

$$\eta_i = \frac{P_i \cdot L_0 \cdot \alpha}{H_u \cdot \eta_v \cdot \rho_{\text{пов}}}, \quad (8)$$

де P_i – середній індикаторний тиск, МПа.

Індикаторний ККД залежить головним чином від P_i і α , і підвищується при всіх варіантах випробування до певної частоти (рис. 8), так як темп зростання середнього індикаторного тиску перевершує темп зниження α , а при n вище цієї частоти індикаторний ККД незначно зменшується, тому що темп зниження α стає вище темпу зростання P_i .

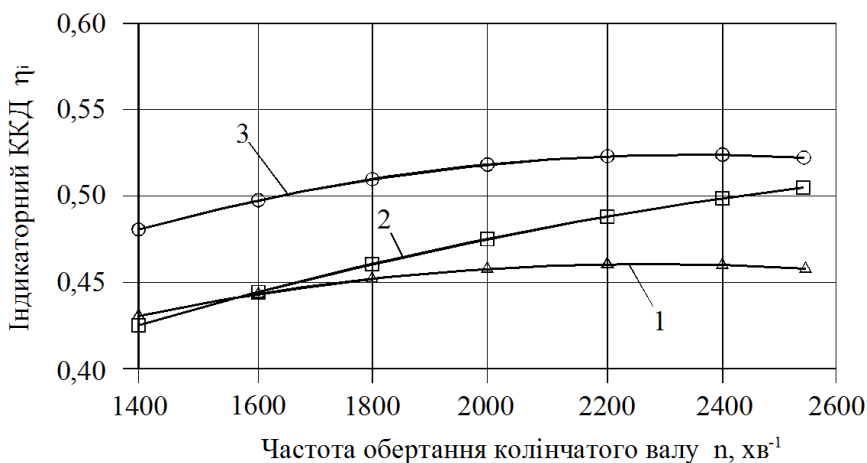


Рис. 8 – Залежність індикаторного ККД від частоти обертання двигуна

При другому варіанті η_i збільшується порівняно з варіантом 1 за рахунок покращення процесів сумішоутворення і згорання.

При третьому варіанті випробувань η_i вище в порівнянні з іншими через збільшення в два рази середнього індикаторного тиску, хоча коефіцієнт надлишку повітря знизився до 5,51.

Питома індикаторна витрата палива g_i визначається по залежності:

$$g_i = \frac{3600}{H_u \cdot \eta_i}. \quad (9)$$

Питома індикаторна витрата палива зменшується, як було сказано раніше, через поліпшення процесів сумішоутворення і згорання із збільшенням η_i (рис. 9).

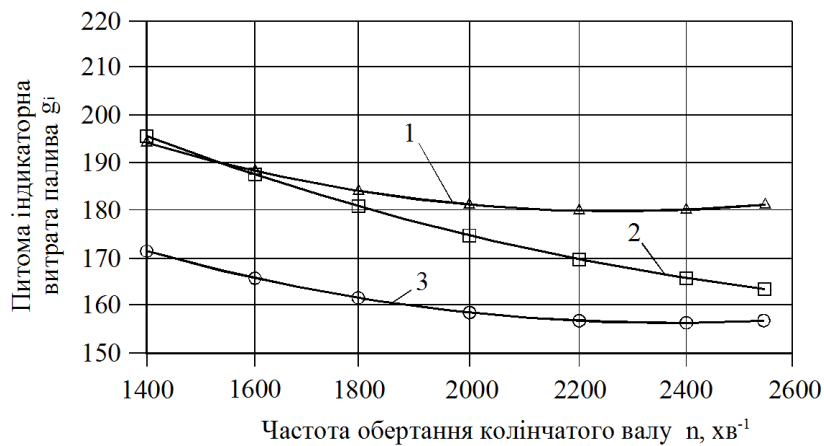


Рис. 9 – Залежність питомої індикаторної витрати палива від частоти обертання двигуна

Висновки. Розглянуті 3 варіанти роботи двигуна без навантаження: 1 – випробування вихідного двигуна; 2 – випробування з відключенням чотирьох циліндрів припиненням подачі палива; 3 – випробування з відключенням чотирьох циліндрів одночасним припиненням подачі палива і відсутністю насосних втрат циліндро-поршневої групи (ЦПГ) відключених циліндрів. Встановлено, що при збільшенні частоти обертання колінчастого валу від 1400 хв-1 до 2550 хв-1 при відключенні подачі палива в половину циліндрів економія палива змінюється від 0,0 до 0,53 кг/год, При відключенні палива і при відсутності насосних втрат ЦПГ економія палива змінюється від 1,2 кг/год до 3,88 кг/год. Розроблено рекомендації, які дозволяють шляхом відключення частини циліндрів збільшити економічність колісних машин на 11 - 26%.

Список використаних джерел

1. Кузнецов М. В. Совершенствование показателей работы 4-хтактного дизеля автотракторного типа на режимах малых нагрузок и холостых ходов: автореф. дисс. ... канд. техн. наук. М., 2008. 21 с.
2. Козлов В. И., Патрахальцев. Н. Н., Эммиль М. В. Повышение топливной экономичности дизелей с помощью системы отключения цилиндров и циклов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2008. № 2. С. 18-20.
3. Инсафутдинов С.З. Совершенствование методики оценки неравномерности подачи топливных систем тракторных дизелей: дис. ... канд. техн. наук. Оренбург, 2005. 152с.
4. Анализ характеристики холостого хода / С.Ю. Федосеев [и др.] //Вестник ЧГАА. 2011. Т. 58. С. 166-169.
5. Молодан А.А. Оценка технического состояния цилиндро-поршневой группы двигателя с учетом разделения потоков газов, проходящих в картер: дис. ... канд. техн. наук. – Харьков, ХНАДУ, 2011. – 184 с.
6. Колчин А И., Демидов В. П. Расчет автомобильных и тракторных двигателей: учеб. пособ. для вузов. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Высш. шк, 2002. 496 с.
7. Чудаков Д. А. Основы теории и расчета трактора и автомобиля. Изд. 2-е, перераб. и доп. М. : Колос, 1972. 384 с.

Аннотация

ИЗМЕНЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДВИГАТЕЛЯ В РЕЖИМЕ РАБОТЫ БЕЗ НАГРУЗКИ ПРИ ОТКЛЮЧЕНИИ ЦИЛИНДРОВ

Полянский А. С., Молодан А. А.

Рассмотрены 3 варианта работы двигателя без нагрузки: 1 – испытания исходного двигателя; 2 – испытания с отключением четырех цилиндров прекращением подачи топлива; 3 – испытания с отключением четырех цилиндров и одновременным прекращением подачи топлива при отсутствии насосных потерь цилиндро-поршневой группы (ЦПГ) отключенных цилиндров. Установлено, что при увеличении частоты вращения коленчатого вала от 1400 мин-1 до 2550 мин-1 при отключении подачи топлива у половины цилиндров, экономия топлива изменяется от 0,0 до 0,53 кг/ч, при отключении топлива и при отсутствии насосных потерь ЦПГ, экономия топлива изменяется от 1,2 кг/ч до 3,88 кг/ч. Разработаны рекомендации, которые позволяют путем отключения части цилиндров увеличить экономичность колесных машин на 11 - 26%.

Ключевые слова: *двигатель, отключение цилиндров, работа без нагружения, насосные потери.*

Abstract

ANALYSIS OF THE CHARACTERISTICS OF THE ENGINE KAMAZ-740 WHEN DEACTIVATING CYLINDERS WITH NO LOAD

O. Polyansky, A. Molodan

Considered 3 options of engine operation without load: 1 – test the source engine; 2 – test disabling four of the cylinders by stopping delivery of fuel; 3 – test disable four cylinders and simultaneous termination of fuel delivery in the absence of pumping losses of the cylinder-piston group (tspg) is disabled cylinders.

It is established that with increasing engine speed from 1400 min-1 to 2550 min-1 when disconnecting the fuel delivery half of the cylinders, fuel economy varies from 0.0 to 0.53 kg/h, turning off the fuel and in the absence of pumping losses of the cylinder-piston group, fuel economy varies from 1.2 kg/h to 3.88 kg/h. The recommendations were developed that allow disabling of the cylinders to increase the efficiency of wheeled vehicles by 11 - 26%.

Keywords: *engine, cylinder shut-off, operation without load, pumping losses*

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОСТИ АВТОМОБИЛЕЙ И ТРАКТОРОВ ПРИ НАЕЗДЕ НА ПРЕПЯТСТВИЕ

Полянский А. С., д.т.н., проф., Клец Д. М., д.т.н., проф.,
Дубинин Е. А., д.т.н., доц.

Харьковский национальный автодорожный университет

Задорожня В. В., к.т.н., доц.

*Харьковский национальный университет сельского хозяйства
имени Петра Василенко*

Разработан метод оценки влияния гироскопических моментов колес на устойчивость против заноса при наезде машины на препятствие. Определены коэффициенты устойчивости с учетом действия гироскопических моментов. В реальных условиях эксплуатации с ростом скорости коэффициент устойчивости повышается до 0,6%. Степень влияния гироскопических моментов существенно не зависит от типа привода.

Это позволило повысить точность оценки устойчивости колесной машины при движении по неровностям, повысив безопасность эксплуатации. Практическая реализация возможна на предприятиях транспортного и сельскохозяйственного машиностроения при проектировании и производстве колесных машин.

Ключевые слова: *метод оценки, колесная машина, препятствие, гироскопический момент, устойчивость, безопасность.*

Введение. Обеспечение устойчивости движения и положения колесных машин является одним из важнейших аспектов проблемы повышения безопасности дорожного движения.

При исследовании процесса движения таких машин с помощью математического моделирования важным является вопрос описания взаимодействия колес с дорогой, поскольку колебания вращающегося колеса, вызываемые различными возмущениями, могут изменять направление его качения и влиять на устойчивость как движения, так и положения. Особенно это актуально для машин, которые движутся с большими скоростями, а также для машин с большими радиусами колес.

Анализ последних достижений и публикаций. Вопросам исследования устойчивости движения и управляемости колесных машин посвящено значительное количество работ как отечественных [1-4], так и зарубежных [5-7]. Устойчивость положения таких машин рассмотрена в работах [8-13].

В работах [14, 15] определено, что в процессе движения транспортного средства и колебаний направляющего колеса относительно оси шкворня в общем случае действует ряд моментов, в том числе гироскопические моменты колес $M_{гир}$.

В то же время недостаточно внимания уделено вопросам влияния гироскопических моментов колес машин, возникающих при движении по неровностям на показатели их устойчивости.

Цель и постановка задачи. Целью исследования является разработка метода оценки влияния гироскопических моментов, действующих на колеса транспортного средства, на показатели его устойчивости при наезде на препятствие.

Для достижения указанной цели необходимо оценить влияние гироскопических моментов колес машины на её устойчивость против заноса при наезде на неровность.

Оценка влияния гироскопических моментов колес на устойчивость автомобилей и тракторов.

При движении автомобиля вертикальные колебания вращающегося колеса вызывают гироскопический момент, изменяющий направление его качения. В частности, при наезде направляющего колеса на неровность, гироскопические силы вызывают поворачивающий момент в плоскости дороги, который можно определить из следующего соотношения:

$$M_{зуп} = \frac{I_k}{r_k} \cdot V_X \cdot w_k, \quad (1)$$

где V_X – линейная скорость автомобиля;

w_k – угловая скорость подъема колеса;

r_k – радиус колеса;

I_k – момент инерции колеса относительно оси его вращения.

Определим общее и парциальное угловые ускорения автомобиля с учетом гироскопического момента. Рассмотрим схему сил, действующих на двухосный автомобиль в тяговом режиме движения (рис. 1б).

Занос автомобиля проявляется при появлении углового ускорения $\dot{\omega}_z$ в плоскости дороги. В подвижной системе координат XOYZ (рис. 1) уравнение вращательного движения автомобиля имеет вид:

$$I_{zc} \cdot \dot{\omega}_z = \sum_{i=1}^n R_{\delta i} \cdot x_i = -R_{\delta_1} \cdot a + R_{\delta_2} \cdot b + M_{зуп}, \quad (2)$$

где n – общее число осей автомобиля;

$R_{\delta i}$ – боковая реакция дороги на i -ой оси автомобиля;

I_{zc} – центральный момент инерции автомобиля относительно вертикальной оси:

$$I_{zc} = m_a \cdot i_z^2, \quad (3)$$

m_a – масса автомобиля;

i_z – радиус инерции автомобиля относительно вертикальной оси OZ.

Из уравнения (2) получим уравнение парциальных ускорений путем деления левой и правой части на I_{zc} :

$$\dot{\omega}_z = \frac{\sum_{i=1}^n R_{\delta i} \cdot x_i}{I_{zc}} = \frac{R_{\delta_1} \cdot a}{I_{zc}} - \frac{R_{\delta_2} \cdot b + M_{zup}}{I_{zc}} = \dot{\omega}_{возм}^{парц} - \dot{\omega}_{стаб}^{парц}, \quad (4)$$

где $\dot{\omega}_{возм}^{парц}$ – возмущающее парциальное угловое ускорение,

$$\dot{\omega}_{возм}^{парц} = \frac{R_{\delta_1} \cdot a}{I_{zc}}, \quad (5)$$

$\dot{\omega}_{стаб}^{парц}$ – стабилизирующее парциальное угловое ускорение,

$$\dot{\omega}_{стаб}^{парц} = \frac{R_{\delta_2} \cdot b + M_{zup}}{I_{zc}}. \quad (6)$$

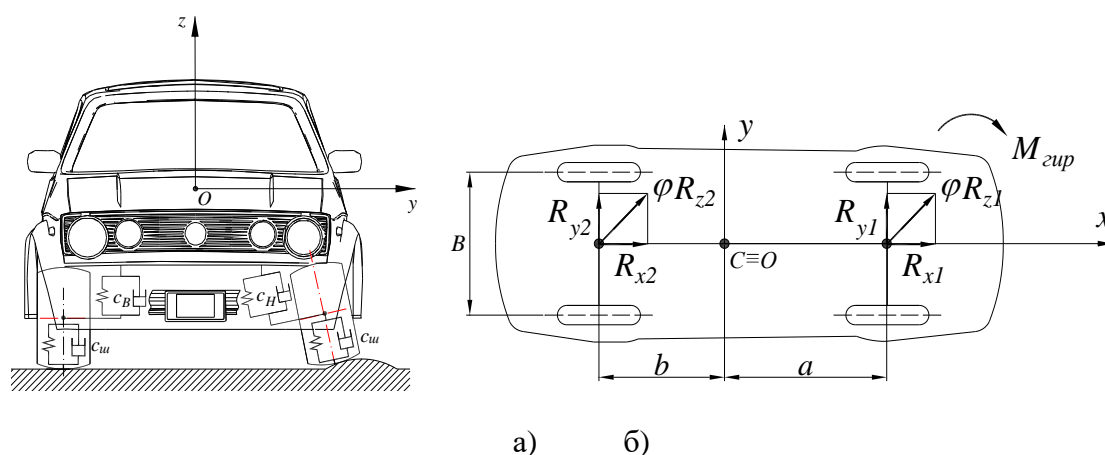


Рис. 1 – Схема сил, действующих на двухосный автомобиль с учетом гироскопического момента при разгоне: a, b – координаты проекции центра масс автомобиля на горизонтальной плоскости; B – колея; $R_{x1}, R_{x2}, R_{y1}, R_{y2}, R_{z1}, R_{z2}$ – суммарные касательные, боковые и нормальные реакции дороги на колесах передней и задней осей; ϕ – коэффициент сцепления колес с дорогой: а – вид спереди; б – вид сверху

Касательные реакции в контакте передних и задних колес с дорогой определяются конструкцией трансмиссии, т.е. распределением общей тяговой силы между колесами [16]:

$$R_{x1} = K_R \cdot R_x; \quad (7)$$

$$R_{x2} = (1 - K_R) \cdot R_x. \quad (8)$$

где K_R – коэффициент распределения касательных реакций.

Боковые реакции дороги на осях можно определить как:

$$R_{\delta_1} = \sqrt{\phi^2 \cdot R_{z1}^2 - R_{x1}^2} = \sqrt{\phi^2 \cdot R_{z1}^2 - K_R^2 \cdot R_x^2}; \quad (9)$$

$$R_{\delta_2} = \sqrt{\phi^2 \cdot R_{z2}^2 - R_{x2}^2} = \sqrt{\phi^2 \cdot R_{z2}^2 - (1 - K_R)^2 \cdot R_x^2}. \quad (10)$$

Нормальные реакции на передней и задней оси автомобиля [17]:

$$R_{z_1} = m_a \cdot g \cdot \frac{b}{L} - P_w \cdot \frac{h_w - r_\delta}{L} - P_j \cdot \frac{h - r_\delta}{L}; \quad (11)$$

$$R_{z_2} = m_a \cdot g \cdot \frac{a}{L} + P_w \cdot \frac{h_w - r_\delta}{L} + P_j \cdot \frac{h - r_\delta}{L}, \quad (12)$$

где P_w – сила сопротивления воздуха;

P_j – сила инерции, возникающая при поступательном движении автомобиля;

g – ускорение свободного падения, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$;

b, L – расстояние от проекции центра масс автомобиля на горизонтальной плоскости до задней оси и колесная база автомобиля;

h_w, h – высота центра аэродинамического давления и высота центра масс автомобиля, соответственно.

Суммарная касательная реакция на ведущих колесах автомобиля определяется из следующего выражения:

$$R_x = m_a \cdot \dot{V} + P_w = m_a \cdot \dot{V} + k \cdot F \cdot V^2. \quad (13)$$

где $k \cdot F$ – фактор обтекаемости;

\dot{V} – линейное ускорение автомобиля.

После подстановки выражений (11)-(13) в соотношения (8)-(9), получим:

$$R_{\delta_1} = \sqrt{\phi^2 \cdot \left(m_a \cdot g \cdot \frac{b}{L} - (m_a \cdot \dot{V} + k \cdot F \cdot V^2) \cdot \frac{h - r_\delta}{L} \right)^2 - K_R^2 \cdot (m_a \cdot \dot{V} + k \cdot F \cdot V^2)^2}; \quad (14)$$

$$R_{\delta_2} = \sqrt{\phi^2 \cdot \left(m_a \cdot g \cdot \frac{a}{L} + (m_a \cdot \dot{V} + k \cdot F \cdot V^2) \cdot \frac{h - r_\delta}{L} \right)^2 - (1 - K_R)^2 \cdot (m_a \cdot \dot{V} + k \cdot F \cdot V^2)^2}. \quad (15)$$

Определим парциальные ускорения $\dot{\omega}_{возм}^{парц}$ и $\dot{\omega}_{стаб}^{парц}$ с учетом соотношений (3), (14) и (15). Для этого подставим указанные соотношения в уравнения (5) и (6):

$$\dot{\omega}_{возм}^{парц} = \frac{a}{m_a \cdot i_z^2} \cdot \sqrt{\phi^2 \cdot \left(m_a \cdot g \cdot \frac{b}{L} - R_x \cdot \frac{h - r_\delta}{L} \right)^2 - K_R^2 \cdot R_x^2}, \quad (16)$$

$$\dot{\omega}_{стаб}^{парц} = \frac{b}{m_a \cdot i_z^2} \cdot \sqrt{\phi^2 \cdot \left(m_a \cdot g \cdot \frac{a}{L} + R_x \cdot \frac{h - r_\delta}{L} \right)^2 - (1 - K_R)^2 \cdot R_x^2} + \frac{I_k \cdot V_X \cdot \omega_{kz}}{r_k \cdot m_a \cdot i_z^2}. \quad (17)$$

Коэффициент устойчивости автомобиля равен отношению стабилизирующего момента $M_{стаб}$ к возмущающему занос моменту $M_{возм}$:

$$K_{уст} = \frac{M_{стаб}}{M_{возм}} = \frac{b}{a} \cdot \frac{\sqrt{\phi^2 \cdot \left(m_a \cdot g \cdot \frac{a}{L} + R_x \cdot \frac{h-r_d}{L} \right)^2 - (1-K_R)^2 \cdot R_x^2 + \frac{I_k}{r_k} \cdot V_X \cdot \omega_{kz}}}{\sqrt{\phi^2 \cdot \left(m_a \cdot g \cdot \frac{b}{L} - R_x \cdot \frac{h-r_d}{L} \right)^2 - K_R^2 \cdot R_x^2}} = \frac{\dot{\omega}_{стаб}^{парц}}{\dot{\omega}_{возм}^{парц}}. \quad (18)$$

Соотношение (18) позволяет на этапе проектирования оценить устойчивость автомобилей с учетом гироскопического момента, по парциальным угловым ускорениям (уравнения (16) и (17)) – осуществлять диагностику технического состояния автомобиля. Подставляя (16) и (17) в (4), получим:

$$\dot{\omega}_z = \frac{1}{m_a \cdot i_z^2} \cdot \left(a \cdot \sqrt{\phi^2 \cdot \left(m_a \cdot g \cdot \frac{b}{L} - R_x \cdot \frac{h-r_d}{L} \right)^2 - K_R^2 \cdot R_x^2} - b \cdot \sqrt{\phi^2 \cdot \left(m_a \cdot g \cdot \frac{a}{L} + R_x \cdot \frac{h-r_d}{L} \right)^2 - (1-K_R)^2 \cdot R_x^2} - \frac{I_k}{r_k} \cdot V_X \cdot \omega_{kz} \right). \quad (19)$$

Момент инерции колес в сборе с шинами, имеющими статический радиус r_{cm} в пределах от 0,271 до 0,4 м, определяется из следующей зависимости [18]:

$$I_K = 9,196 - 0,074 \cdot r_{cm} + 0,154 \cdot 10^{-3} \cdot r_{cm}^2. \quad (20)$$

На рис. 2а приведены зависимости коэффициента устойчивости условного заднеприводного автомобиля от его линейной скорости с учетом и без учета действия гироскопического момента. Параметры и условия движения автомобиля приняты следующие:

$k \cdot F = 0,58 \text{ Н} \cdot \text{с}^2/\text{м}^2$; $m = 1500 \text{ кг}$; $\dot{V}_X = 1 \text{ м/с}^2$; $V_X = 0 \dots 27 \text{ м/с}$; $a = 1,3 \text{ м}$; $L = 2,4 \text{ м}$; $i_z = 1,3 \text{ м}$; $\phi = 0,8$; $h = 0,5 \text{ м}$; $r_d = 0,29 \text{ м}$; $K_R = 0$; $g = 9,81 \text{ м/с}^2$; $\omega_{kz} = 0,05 \text{ с}^{-1}$.

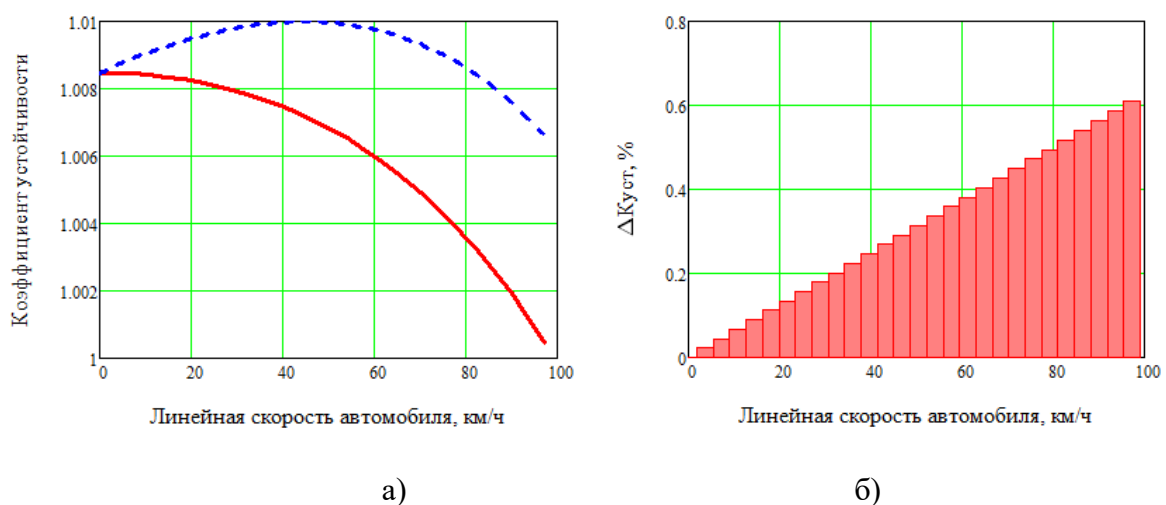


Рис. 2 – Зависимости коэффициента устойчивости условного заднеприводного автомобиля от его линейной скорости: — $K_{уст}$ без учета $M_{гир}$; - - - $K_{уст}$ с учетом $M_{гир}$; а – зависимость $K_{уст}$ (V_X); б – уточнение $K_{уст}$ в зависимости от учета $M_{гир}$

Таким образом, предложенный метод позволяет проводить оценку курсовой устойчивости автомобиля в тяговом режиме движения и диагностирование его технического состояния с учетом действия гироскопического момента при наезде на неровность. Анализ рис. 2 показывает, что гироскопический момент повышает коэффициент устойчивости с ростом скорости, до 0,6%.

При наезде колеса трактора на неровность $M_{зир}$ также определяется из соотношения (1).

Рассмотрим схему сил, действующих на колесный шарнирно-сочлененный трактор с заблокированным горизонтальным шарниром между секциями в тяговом режиме движения (рис. 3) при постоянной транспортной скорости в диапазоне $V_x = 0 \dots 9$ м/с.

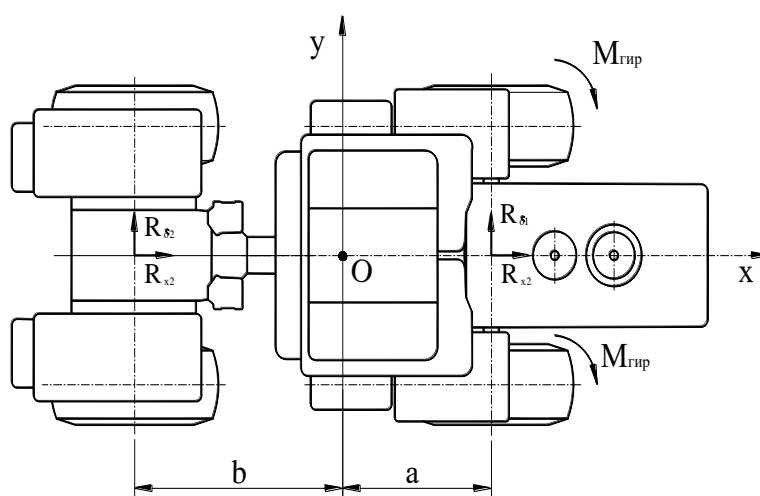


Рис. 3 – Схема сил, действующих на колесный трактор с учетом гироскопического момента, при наезде на неровность

Вследствие небольшой скорости движения трактора сопротивлением воздуха пренебрегаем, также не учитываем наклон задней секции при наезде на препятствие колесом передней секции вследствие наличия зазоров в соответствующих соединениях. Занос трактора проявляется при появлении углового ускорения $\dot{\omega}_z$ в плоскости дороги. Уравнение вращательного движения трактора в плоскости дороги относительно его центра масс, с учетом влияния зависимой подвески передней секции, в этом случае имеет вид:

$$I_{zc} \cdot \dot{\omega}_z = R_{\delta_1} \cdot a - R_{\delta_2} \cdot b - 2 \cdot M_{зир}. \quad (22)$$

Уравнение парциальных ускорений получается аналогично (4).

Боковые реакции дороги на осях трактора можно определить как [19]:

$$R_{\delta_1} = \sqrt{\phi_x^2 \cdot R_{Z_1}^2 - (K_M \cdot P_K - f \cdot R_{Z_1})^2}; \quad (23)$$

$$R_{\delta_2} = \sqrt{\phi_x^2 \cdot R_{Z_2}^2 - [(1 - K_M) \cdot P_K - f \cdot R_{Z_2}]^2}. \quad (24)$$

где K_M – коэффициент распределения общего крутящего момента на переднюю ось;
 P_K – суммарная тяговая сила трактора;
 ϕ_x – продольный коэффициент сцепления колес с дорогой;
 f – коэффициент сопротивления качению колес.

Тяговая сила на ведущих колесах определялась по следующей зависимости:

$$P_K = f \cdot m \cdot g = \frac{\eta_{mp} \cdot K_N \cdot N_e}{V} \leq \phi_x \cdot m \cdot g, \quad (25)$$

где N_e – эффективная мощность двигателя;
 K_N – коэффициент использования мощности двигателя;
 η_{mp} – коэффициент полезного действия трансмиссии трактора.

Определим парциальные ускорения с учетом соотношений (23) и (24):

$$\dot{\omega}_{возм}^{napu} = \frac{a}{m \cdot i_z^2} \cdot \sqrt{\phi_x^2 \cdot R_{Z_1}^2 - (K_M \cdot P_K - f \cdot R_{Z_1})^2}, \quad (26)$$

$$\dot{\omega}_{стаб}^{napu} = \frac{I_k \cdot V_X \cdot \omega_{kz}}{r_\partial \cdot m \cdot i_z^2} + \frac{b}{m \cdot i_z^2} \times$$

$$\times \sqrt{\phi_x^2 \cdot R_{Z_2}^2 - [(1 - K_M) \cdot P_K - f \cdot R_{Z_2}]^2}. \quad (27)$$

Коэффициент устойчивости трактора в плоскости дороги равен:

$$K_{уст} = \frac{b}{a} \left(\frac{\sqrt{\phi_x^2 \cdot \left(m \cdot g \cdot \frac{a}{L}\right)^2 - [(1 - K_M) \cdot P_K - f \cdot m \cdot g \cdot \frac{a}{L}]^2}}{\sqrt{\phi_x^2 \cdot \left(m \cdot g \cdot \frac{b}{L}\right)^2 - (K_M \cdot P_K - f \cdot m \cdot g \cdot \frac{b}{L})^2}} + \right.$$

$$\left. + \frac{\frac{I_k V_X \cdot \omega_{kz}}{r_\partial}}{\sqrt{\phi_x^2 \cdot \left(m \cdot g \cdot \frac{b}{L}\right)^2 - (K_M \cdot P_K - f \cdot m \cdot g \cdot \frac{b}{L})^2}} \right). \quad (28)$$

На рис. 4 приведены результаты определения уточнения коэффициента устойчивости $\Delta K_{уст}$ колесного шарнирно-сочлененного трактора с номинальным тяговым усилием 30 кН в зависимости от его линейной скорости с учетом и без учета действия гироскопического момента в плоскости дороги.

Приняты следующие параметры и условия движения трактора: $m = 8000$ кг; $V_X = 0 \dots 9$ м/с; $a = 1,06$ м; $b = 1,8$ м; $L = 2,86$ м; $I_k = 91,7$ кг·м²; $\phi = 0,8$; $f = 0,01$; $r_\partial = 0,65$ м; $K_M = 0 \dots 1$; $\omega_{kz} = 0,05$ с⁻¹.

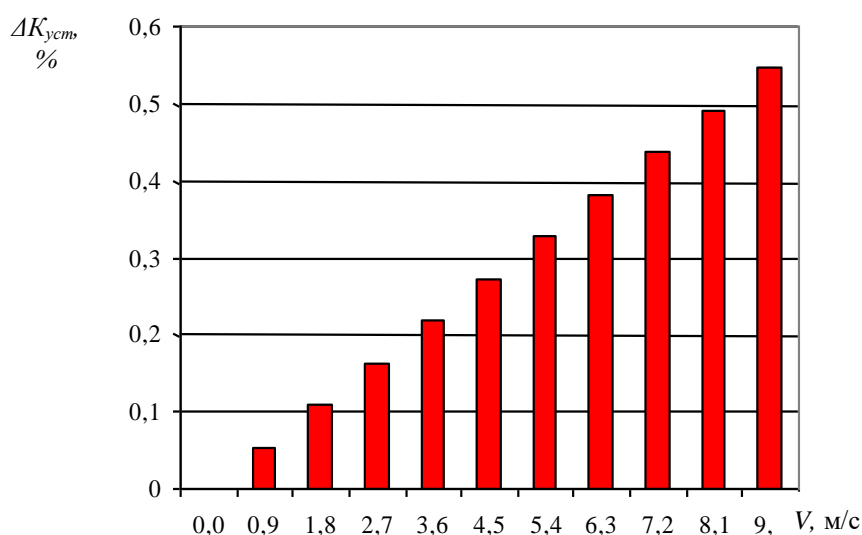


Рис. 4 – Уточнение коэффициента устойчивости колесного трактора в зависимости от учета гироскопического момента в плоскости дороги

Выводы

1. Разработан метод оценки влияния гироскопических моментов колес на устойчивость против заноса машины, позволяющий повысить точность определения соответствующих показателей.
2. Гироскопические моменты колес повышают коэффициент устойчивости при наезде на препятствие рассмотренных автомобиля и трактора в реальных условиях эксплуатации с ростом скорости до 0,6%. Степень влияния гироскопических моментов на существенно не зависит от типа привода машины.

Список использованных источников

1. Закин Я. Х. Маневренность автомобиля и автопоезда / Закин Я. Х. – М.: Транспорт, 1986. – 136 с.
2. Литвинов А. С. Управляемость и устойчивость автомобиля / Литвинов А. С. – М.: Машиностроение, 1971. – 416 с.
3. Подригало М. А. Маневренность и тормозные свойства колесных машин / [М. А. Подригало, В. П. Волков, В. И. Кирчатый, А. А. Бобошко]; под ред. М. А. Подригало. – Х.: изд-во ХНАДУ, 2003. – 403 с.
4. Klets D. M. Modeling of mobile vehicle skid in traction movement mode. Motrol Commision of motorization and energetics in agriculture. Lublin-Rzeslow. – Vol. 15, № 7. – 2013. – pp.157-162.
5. Электронные системы контроля устойчивости: ECE/TRANS/180/ Add.8. – [Введены в Глобальный регистр. 2008-06-26] – Женева: Глобальный регистр. Организация объединённых наций, 2008. – 116 с.
6. Pacejka H.B., Sharp R.S. Shear Force Developments by Pneumatic tires in Steady State Conditions: A Review of Modeling Aspects. Vehicle Systems Dynamics. Vol. 20. – 1991. – pp.121-176.

7. Hiroki O., Murakami T. A stability control by active angle control of front-wheel in a vehicle system. IEEE Trans. Ind. Electron. – № 3, 2008. – pp.1277-1285.
8. Пospelov Ю. А. Устойчивость трактора / Пospelov Ю. А. – М.: Машиностроение, 1966. – 248 с.
9. Петренко А. М. Устойчивость специальных транспортных средств: учеб. пособие / Петренко А. М. – М.: МАДИ, 2013. – 41 с.
10. Коновалов В. Ф. Динамическая устойчивость тракторов / Коновалов В. Ф. – М.: Машиностроение, 1981. – 144 с.
11. Малиновский Е. Ю. Динамика самоходных машин с шарнирной рамой (колебания и устойчивость движения) / Е. Ю. Малиновский, М. М. Гайцгори. – М.: Машиностроение, 1974. – 176 с.
12. Дубинин Е. А. Прогнозирование динамической устойчивости положения шарнирно-сочлененных средств транспорта методом парциальных ускорений / Е. А. Дубинин, А. С. Полянский // Ученые записки Крымского инженерно-педагогического университета: сб. науч. трудов. – 2013. – Вып. 40. – С. 37–41.
13. Шувалов Е. А. Теория и расчет трактора «Кировец» / [Шувалов Е. А., Бойков А. В., Добряков Б. А., Пантюхин М. Г.]; под общ. ред. А. В. Бойкова. – Л.: Машиностроение, 1980. – 208 с.
14. Солтус А. П. Исследование составляющих момента сопротивления повороту управляемых колес автомобиля во время движения / А. П. Солтус, С. С. Малов // Автомобильная промышленность: науч.-техн. журн. – 1978. – №11. – С. 18–20.
15. Клец Д. М. Оценка влияния моментов, действующих на направляющие колеса, на показатели устойчивости и управляемости автомобиля / Д. М. Клец // Вісник НТУ «ХП». – 2013. – № 29 (1002). – С. 149–155.
16. Подригало М.А. Управляемость и устойчивость автомобиля. Определение понятий / М.А. Подригало // Автомобильная промышленность. – 2008. – № 11. – с. 22 – 23.
17. Подригало М.А., Волков В.П., Бобошко А.А., Павленко В.А., Файст В.Л., Клец Д.М., Редько В.В. Динамика автомобиля. – Харьков: Изд-во ХНАДУ, 2008. – 426 с.
18. Стабильность эксплуатационных свойств колесных машин / М.А. Подригало, В.П. Волков, В.А. Карпенко и др. / Под ред. М.А. Подригало. – Харьков ХНАДУ, 2003. – 614 с.
19. Забелышинский З. Э. Оценка устойчивости шарнирно-сочлененного колесного трактора и тракторного поезда в различных дорожных условиях / З. Э. Забелышинский, М. А. Подригало, Е. А. Дубинин // Вісник НТУ «ХП». Автомобіле- та тракторобудування. – 2015. – № 8 (1117). – С. 3–10.

Аннотація

ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ОЦІНКИ СТІЙКОСТІ АВТОМОБІЛІВ І ТРАКТОРІВ ПРИ НАЇЗДІ НА ПЕРЕШКОДУ

Полянський О. С., Клец Д. М., Дубінін Є. О., Задорожня В. В.

Розроблено метод оцінки впливу гіроскопічних моментів коліс на стійкість проти заносу при наїзді машини на перешкоду. Визначено коефіцієнти стійкості з урахуванням дії гіроскопічних моментів. У реальних умовах експлуатації з ростом швидкості коефіцієнт стійкості підвищується до 0,6%. Ступінь впливу гіроскопічних моментів істотно не залежить від типу приводу.

Це дозволило підвищити точність оцінки стійкості колісної машини при русі нерівностями, підвищивши безпеку експлуатації. Практична реалізація можлива на підприємствах транспортного і сільськогосподарського машинобудування при проектуванні і виробництві колісних машин.

Ключові слова: *метод оцінки, колісна машина, перешкода, гіроскопічний момент, стійкість, безпека.*

Abstract

INCREASING THE ACCURACY OF ESTIMATION OF THE CARS AND TRACTORS STABILITY WHEN THE OBSTACLES ARE OBTAINED

O. Polyanskyi, D. Klets, Ye. Dubinin, V. Zadorozhnyia

The method for estimating the effect of gyroscopic wheel moments on the stability against skidding when the vehicle is hit by an obstacle is developed. Stability coefficients are determined taking into account the action of gyroscopic moments. In real operating conditions, with the speed increase, the stability coefficient rises to 0.6%. The degree of influence of the gyroscopic moments is essentially independent of the type of drive.

This made it possible to improve the accuracy of estimating the stability of the wheeled vehicle when driving along uneven terrains, thereby increasing operational safety. Practical implementation is possible at the enterprises of transport and agricultural engineering in the design and manufacture of wheeled vehicles.

Keywords: *estimation method, wheeled vehicle, obstacle, gyroscopic moment, stability, safety.*

ПОВЫШЕНИЕ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН, ОСНАЩЕННЫХ ДВИГАТЕЛЯМИ С ТУРБОНАДДУВОМ

Полянский А. С., д.т.н., проф., Кириенко Н. М., к.т.н., доц.,
Задорожня В. В., к.т.н., доц., Переверзева Л. Н., ст. преп.

*Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства
имени Петра Василенко*

Установлено, что 13,1% отказов системы воздухообеспечения связана с нарушениями работы топливной аппаратуры и их регулировок, приводящие к чрезмерному росту температуры выпускных газов. Высокая температура выхлопных газов может привести к оплавлению лопаток турбины турбокомпрессора, появлению дисбаланса, снижению скорости вращения, ухудшению отвода тепла нагретых выхлопными газами деталей.

Исследования показали, что при продолжительной работе с такими нарушениями создают неблагоприятные условия для трубопроводов низкого давления, которые близко расположены к элементам системы выпуска двигателя. От высокой температуры возникают трещины. Топливо вытекает из трещин трубопроводов и попадает на нагретые до 800 градусов и более элементы системы выпуска и доводятся до воспламенения.

В работе сформулированы рекомендации по обеспечению пожарной безопасности при работе машины с дизелем, оснащенным турбонаддувом.

Ключевые слова: пожарная безопасность, двигатель, турбонаддув, отказы, топливо, возгорание

Введение. Работа в условиях частых и резких изменений скоростных и нагрузочных режимов, характерных для большинства сельскохозяйственных машин с поршневыми двигателями, создает дополнительную опасность для теплонапряженных деталей цилиндро-поршневой группы (ЦПГ), которая приводит к короблению и деформациям, появлению трещин. Такие явления в системах топливоподачи могут привести к возгоранию двигателя и машины в целом. Поэтому стремительный рост удельных мощностей двигателей внутреннего сгорания выдвинул в последнее время вопросы прочности и прежде всего вопросы термочности на одно из первых мест среди проблем современного двигателестроения.

Анализ последних достижений и публикаций. Проведенные исследования [1,2,3] показали, что на сегодняшний день стоят большие задачи в области повышения энерговооруженности транспорта, используемого в сельском хозяйстве, требуют создания быстроходных дизелей широкого назначения мощностью свыше 500 л. с, а в отдельных случаях до 2000 л. с. и выше [3]. При этом существенным обстоятельством является снижение металлоемкости конструкций при обеспечении их высокой надежности и достаточно высокой

экономичности. Указанные обстоятельства неминуемо увеличат тепловые нагрузки на детали ЦПГ двигателя, Так как повышение удельных мощностей при сохранении достигнутой экономичности приводит к увеличению тепловых потоков на поверхности деталей, образующих камеру сгорания двигателя. При прочих равных условиях это вызывает увеличение абсолютных температур и температурных перепадов в данных областях. Возрастают при этом и механические нагрузки. Дальнейшее форсирование двигателей по среднему эффективному давлению потребовало существенного пересмотра некоторых положений конструирования теплонапряженных деталей. Во многих случаях наметился переход к тонкостенным конструкциям. Одновременно с этим, непрерывное увеличение давления наддува, повышение максимального давления сгорания приводит к возрастанию механической напряженности деталей двигателя, в том числе и теплонапряженных. Применение тонкостенных конструкций, выгодное с точки зрения теплонапряженности, часто связано с необходимостью уменьшения напряжений от сил давления газов.

Цель и постановка задачи. Целью исследования является повышение пожарной безопасности сельскохозяйственных машин на основе анализа причин отказов, приводящих к возгоранию. Для достижения поставленной цели поставлены следующие задачи:

- выполнить анализ причин и комплексную оценку теплонапряженности деталей, участвующих в обеспечении горения топлива в двигателе и определить долю отказов, приводящих к возгоранию;
- разработать рекомендации по снижению возгорания машины.

Обоснование рекомендаций по профилактике и исключения пожаров при эксплуатации сельскохозяйственных машин, оснащённых дизелями с турбонаддувом

Несмотря на то, что почти все детали машин сделаны из металла, они могут загореться. Гореть может краска, пыль и грязь, пропитанные топливом и маслом, растительные остатки, находящиеся на неочищенном комбайне или тракторе, обивка кабины и сиденья, топливо, масло и т.д. Особую опасность представляют собой баки с пусковым и основным топливом. Поэтому, работая на машине, следует неуклонно выполнять все основные требования правил противопожарной безопасности.

Характер распределения отказов двигателей в эксплуатации показывает, что наибольшая интенсивность проявляется в начальный период работы. По данным наблюдений [1-3]. отмечено увеличение отказов при наработках 100...300 ч в дальнейшем наблюдается снижение числа отказов. В частности установлено: в реальной эксплуатации средняя наработка на сложный отказ (II и III групп сложности) нового двигателя почти в два раза ниже, чем в нормальной эксплуатации, для отремонтированных - эта величина значительно выше и имеет большое рассеивание, которое зависит не только от культуры эксплуатации, но в большей степени от качества ремонта.

Применение некачественных материалов, низкое качество восстанавливаемых рабочих поверхностей деталей, низкое качество сборочных операций узлов и агрегатов при ремонте и обкатки двигателей способствуют

резкому ускорению изнашивания деталей двигателя даже совершенной конструкции, нарушая температурный режим силового агрегата.

Выполнена количественная оценка отказов новых и отремонтированных тракторных двигателей (на примере двигателей типа СМД-60,62) приведена в табл. 1.

Таблица 1 – Безотказность новых и отремонтированных двигателей СМД-60,62

Показатель	Реальная эксплуатация		Нормальная эксплуатация	
	Новые	Отремонтированные	Новые	Отремонтированные
Среднее число отказов за наработку 1000 ч,	2,09	2,61	1,45	1,81
в том числе:				
I группы сложности	0,47	0,59	0,89	1,11
II группы сложности	1,19	1,49	0,50	0,63
III группы сложности	0,43	0,53	0,06	0,07
Средняя наработка на сложный отказ, ч	617	495	1785	1428

Полученные данные показывают, что в нормальной эксплуатации, где соблюдаются требования заводской инструкции наработка на отказ значительно выше. Наибольшее число отказов отмечено по системам, которые требуют повышенного внимания при проведении заводской и эксплуатационной обкатки. Это – система топливоподачи, система обеспечения воздухом, агрегаты блок и головка цилиндров. Распределение отказов по системам двигателя приведена на рисунке 1.

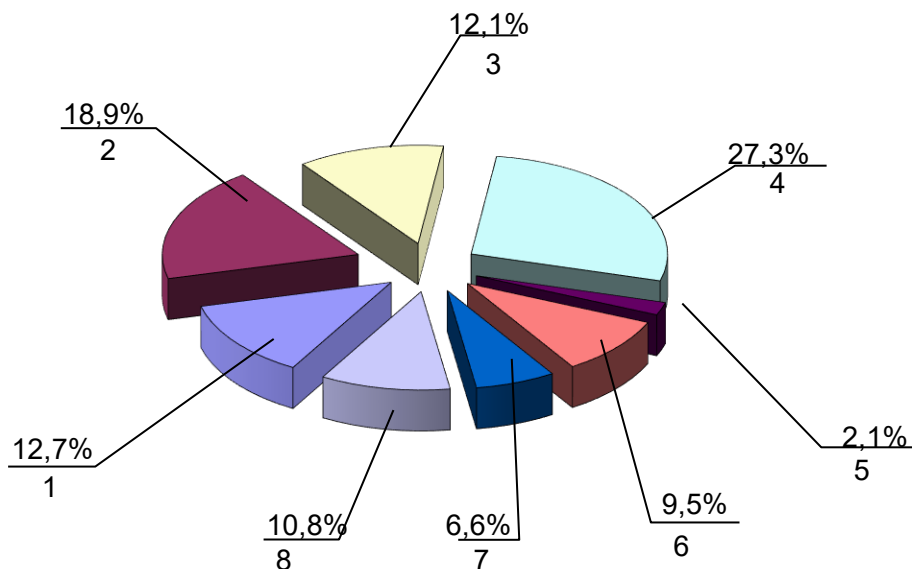


Рис. 1 – Распределение отказов двигателей СМД - 60,62 по системам: 1 – головка цилиндров; 2 – блок цилиндров; 3 – воздухообеспечения; 4 – топливоподачи; 5 – смазки; 6 – пуска; 7 – охлаждения; 8 – муфта сцепления

Неисправность турбокомпрессора может возникнуть в первые 200...300 ч. Она носит либо производственный характер (увеличенные радиальные и осевые люфты, излом лопаток турбины и др.), либо эксплуатационный (нарушение

правил эксплуатации системы топливоподачи), потому что наличие воды в топливе, неправильная установка угла опережения впрыска топлива, неисправные форсунки могут нарушить процесс смесеобразования и полноту сгорания топлива, что ведет к резкому повышению температуры выпускных газов, оплавлению лопастей турбинного колеса, нарушению его дисбаланса.

На двигателях типа СМД-60,62 установлены турбокомпрессоры ТКР-ПН-I, объединяющие в одном агрегате центростремительную газовую турбину и центробежный компрессор. Для нагнетания в цилиндры воздуха под давлением используется часть энергии выпускных газов, которая составляет около 30% от общего количества тепла, выделяющегося при сгорании.

Из 502 отказов 77 двигателей эксплуатируемых без ПП. 61 отказ (12,15%) приходится на систему воздухообеспечения.

Приведенные данные показывают, что значительная часть отказов (67,2%) системы воздухообеспечения приходится на турбокомпрессор. Высокая температура, большие рабочие скорости (более 45000 об/мин, на номинальном режиме работы двигателя), особенность конструктивного расположения, заключающаяся в верхнем расположении над двигателем определяют жесткие требования к условиям их эксплуатации.

Характерными признаками отказов системы, связанными с нарушением работоспособности турбокомпрессора, являются снижение мощности двигателя, дымный выхлоп (18%), повышенный расход масла (19,7%), повреждение лопаток ротора (11,5%), снижение давления наддува воздуха (18%), что составляет 67,2% от общего количества отказов по системе воздухообеспечения.

Верхнее расположение турбокомпрессора предусматривает более позднюю подачу масла при пуске и быстрый возврат его при остановке двигателя. Это особенно важно, когда имеются неисправности в системе масляной магистрали. Нарушение режима смазки приводит к износу ротора, втулки, отказы которых проявляются снижением давления наддува, падением мощности, дымным выхлопом и другими.

13,1% отказов системы воздухообеспечения связана с нарушениями работы топливной аппаратуры и их регулировок, приводящие к чрезмерному росту температуры выпускных газов.

Высокая температура выхлопных газов может привести к оплавлению лопаток турбины турбокомпрессора, проявлению дисбаланса. Более серьезные последствия, к сожалению, имели место в отечественной и зарубежной практике эксплуатации двигателей типа СМД-60, когда высокая температура выхлопных газов может привести к возгоранию двигателя, трактора, комбайна.

Уровень тепловой и механической напряженности оценивают способностью детали и всего узла в целом в данных условиях выполнять основные функции в течение определенного времени. Таким образом, в понятие тепловой и механической напряженности входит обширный круг вопросов от оценки уровня температур и напряжений при работе детали на двигателе до оценки работоспособности материала при этих уровнях и отыскания путей снижения указанных уровней в случае необходимости. Полное решение проблемы требует проведения комплекса взаимосвязанных исследований, начиная от

нестационарного теплообмена и кончая критериями прочности в условиях неизотермического нагружения. При этом важное значение имеет определение теплового и напряженного состояния деталей, а также поведение материалов с учетом этих состояний; определяемых изменением режимов работы двигателя.

При эксплуатации сельскохозяйственных машин возгорание может возникать по причине недобросовестности оператора или слесаря, обслуживающего эту машину или неправильного использования. Тракторист или комбайнер должен пройти курсы специальной подготовки по правилам безопасного использования машины и иметь удостоверение.

Необходимо соблюдать следующие правила пожарной безопасности:

- огнетушитель, которым оснащена машина, должен быть заряжен и постоянно находиться в исправном состоянии;

- техническое обслуживание и устранение неисправностей выполняются только при неработающем двигателе;

- при заправке или при проверке топлива запрещается применять открытый огонь, запаливать спички или зажигать освещение или курить. Не допускается течи топлива и масла в местах соединения трубопроводов;

- резервуар бензина пускового двигателя заправляется только когда двигатель не работает и холодной выхлопной трубе;

- выхлопную трубу периодически необходимо очищать от нагара;

- при остановке двигателя необходимо выключить выключатель «масса»;

- необходимо постоянно следить за состоянием электропроводки и надёжность её крепления. А если появятся искры в местах где повреждена изоляция электропроводки или соединительные клеммы разболтаны, может возникнуть пожар, особенно летом;

- перед монтажом двигателя, топливопроводы необходимо проверять на герметичность; высокого давления – при 30 МПа (300 кгс/см²) и для низкого – при 0,3 МПа (3 кгс/см²). Не допускаются течи труб или соединений;

Согласно инструкции необходимо периодически проверять опережение подачи топлива. При малом угле опережения (до 26⁰) топливо полностью не сгорает. Большая часть смеси сгорает в процессе расширения при движении поршня вверх. В результате этого увеличивается теплоотдача цилиндрам, головке двигателя, температура выхлопных газов повышается, выхлопные трубы, корпус турбины турбокомпрессора и другие элементы систем двигателя нагреваются.

При продолжительной работе с такими нарушениями создают неблагоприятные условия для трубопроводов низкого давления, которые близко расположены к элементам системы выпуска двигателя. От высокой температуры возникают трещины. Топливо вытекает из трещин трубопроводов и попадает на нагретые до 800 градусов и более (по причине нарушения регулировок иглы впрыска подачи топлива) элементы системы выпуска и доводятся до воспламенения.

Выводы

1. Выполнена количественная оценка и определена доля сложных отказов дизельных двигателей, приводящих к возгоранию.

2. Дані рекомендації по підвищенню пожежної безпеки сільськогосподарських машин, оснащених двигателями з турбонаддувом.

Список использованных источников

1. Забродский В.М., Топилин Г.Е., Стопалов С.Г., Тома Е.Г. Повышение безотказной работы тракторов - К.: Урожай, 1985. – 272 с.
2. Забродский В.М., Топилин Г.Е. Управление технической эксплуатацией тракторов. – Киев: Урожай, 1991. – 256 с.
3. Гринченко А.С., Кухтов В.Г., Клименко Н.П. Анализ повреждений и пути повышения долговечности элементов трактора Т-150К: Сб. науч. тр., Вестник ХГПУ, Вып. 77 – Харьков, 2000. – С. 45-46.
4. Как сохранить работоспособность дизеля: Справочник / А.П.Строков, В.И.Водолажский, Н.А.Сергиенко. – М.: Укр Дизель, 1993. – 272 с.
5. Трактора серии 8100, 8200, 8300 и 8400 (Серийный номер 10001). Руководство по эксплуатации. John Deere Waterloo Works, OMAH 150262. Выпуск G6. Северо – Американское издание. Напечатано в США.
6. Кухтов В.Г., Полянский А.С. Определение содержания и объемов работ при техническом сервисе. // Техника АПК.– 2001.- № 1-2.- С.13-18.
7. Полянский А.С. Формирование безотказности тракторов в период приработки (на примере двигателей СМД-62) / Тракторная энергетика в растениеводстве. Сб. науч. тр. – Х.: ХГТУСХ, 1998. - С. 109 – 115.

Анотація

ПІДВИЩЕННЯ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН, ОСНАЩЕНИХ ДВИГУНАМИ З ТУРБОНАДДУВОМ

Полянський О. С., Кириєнко М. М., Задорожня В. В., Переверзєва Л. М.

Встановлено, що 13,1% відмов системи воздухообеспечення пов'язана з порушеннями роботи паливної апаратури та їх коригування, що призводять до надмірного росту температури випускних газів. Висока температура вихлопних газів може привести до оплавлення лопаток турбіни турбокомпресора, появи дисбалансу, зниження швидкості обертання, погіршення відводу тепла нагрітих вихлопними газами деталей.

Дослідження показали, що при тривалій роботі з такими порушеннями створюють несприятливі умови для трубопроводів низького тиску, які близько розташовані до елементів системи випуску двигуна. Від високої температури виникають тріщини. Паливо витікає з тріщин трубопроводів і потрапляє на нагріті до 800 градусів і більше елементи системи випуску і доводяться до займання.

У роботі сформульовано рекомендації щодо забезпечення пожежної безпеки при роботі машини з дизелем, оснащеним турбонаддувом.

Ключові слова: пожежна безпека, двигун, турбонаддув, відмови, паливо, загоряння

Abstract

INCREASE THE FIRE SAFETY OF AGRICULTURAL MACHINES EQUIPPED WITH TURBOCHARGED ENGINES

O. Polyansky, N. Kirienko, V. Zadorozhnyaya, L. Pereverseva

Found that 13.1% of system failures air supply is connected with infringements of work of the fuel equipment and their adjustments, leading to excessive growth of temperature of exhaust gases. High exhaust temperature can lead to melting of the turbine blades of the turbocharger, the emergence of imbalances, decrease in speed, deterioration of heat dissipation of the heated exhaust gases of the details.

Studies have shown that prolonged work with such violations create unfavourable conditions for low-pressure lines which are close to elements of the exhaust system of the engine. The high temperature cracks occur. Fuel flows from crevices in the pipes and gets heated to 800 degrees or more elements of the exhaust system and brought to the ignition.

The paper proposes the recommendations for fire safety in the machine with a diesel engine equipped with a turbocharger.

Keywords: *fire safety, engine, turbo failures, fuel, ignition*

УДК 614.8+378.2

РОЗВИТОК ЗАГАЛЬНО-НАВЧАЛЬНИХ НАВИЧОК ЯК НЕОБХІДНА УМОВА В ПІДГОТОВЦІ ФАХІВЦЯ З ВИСОКОЮ КУЛЬТУРОЮ БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

Черепньов І. А., к.т.н., доц.

Харківський національний технічний університет ім. Петра Василенка

Фесенко Г. В., к.т.н., доц.

*Харківський національний університет міського господарства
ім О. М. Бекетова*

Макогон О. А., к.т.н., Гунченко В. О.

*Військовий інститут танкових військ Національного технічного університету
«Харківський політехнічний інститут»*

Новік С. А.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»*

У статті розкрито об'єктно-суб'єктна взаємодія елементів системи безпеки життєдіяльності, розглянуті перспективи використання технологій розвитку загально-навчальних навичок як засобу формування культури безпеки та знань про неї у студентів ВНЗ. Методичний апарат розвитку загально-

навчальних навичок та потенціал гуманітарних та профільних дисциплін є необхідними умовами в підготовці фахівця з високої культурою безпеки життєдіяльності.

Ключові слова: культура безпеки життєдіяльності, загально-навчальні навички, об'єкт забезпечення безпеки, суб'єкт забезпечення безпеки, модель теорії БЖД

Постановка проблеми та її актуальність. У сучасному світі небезпечні та надзвичайні ситуації різного походження стали об'єктивною реальністю життєдіяльності людини і несуть загрозу її життю, здоров'ю, тягнуть величезні матеріальні втрати і завдають значної шкоди навколишньому природному середовищу.

В останні роки актуальність БЖД значно підвищується в зв'язку з загостренням внутрішньої ситуації у країні і розповсюдженням міжнародного тероризму, прийняттям нових нормативно-правових актів у сфері управління освітою. У цьому контексті важливим елементом у багатьох галузях життєдіяльності вважається концепція культури безпеки.

Популяризація культури безпеки життєдіяльності серед дітей та молоді організовується і здійснюється центральним органом виконавчої влади, який забезпечує формування та реалізує державну політику у сфері цивільного захисту, спільно з центральним органом виконавчої влади [1].

Все це визначає актуальність пошуку нових ресурсів розвитку системи підготовки фахівців БЖД, а формування у студентів сучасної ідеології безпеки життєдіяльності є одним з ключових завдань сучасної освіти в галузі безпеки людини.

Аналіз результатів останніх досліджень та публікацій.

В даний час рішення проблем безпеки неможливо без розвитку норм безпечної поведінки та рівня підготовленості кожної людини, що є визначальними факторами з точки зору недопущення розвитку небезпечних і надзвичайних ситуацій і мінімізації їх негативних наслідків.

Але врахування людського фактора в процесі забезпечення безпеки життєдіяльності не може зводитися тільки до формування у населення певних знань і вмій. Практика показує, що успіх професійної діяльності в будь-якій галузі залежить від рівня розвитку комунікативних, організаційних, інтелектуальних якостей і здібностей людини, мотивів її поведінки, навичок сприймати і опрацьовувати інформацію, впевненості в необхідності і дієвості проведених нею заходів. Комплексний розвиток всіх цих якостей як у окремих людей так і соціуму в цілому можливо тільки шляхом розвитку і вихованню загально-навчальних навичок як умови формування високої культури безпеки життєдіяльності [2,3].

Безпека - необхідна умова подальшого розвитку суспільства, держави та цивілізації в цілому. Безпека життєдіяльності - одна з наймолодших наук, яка спрямована на вирішення важливої проблеми сучасного суспільства України - збереження здоров'я населення. Визнання цієї обставини як значущої зумовило необхідність вивчення БЖД в вузах.

За змістом дисципліна "Безпека життєдіяльності" формує світогляд майбутнього фахівця, який в своїй повсякденній роботі повинен створювати передумови запобігання нещасним випадкам, захворювань і усуненням негативного впливу на здоров'я людини в умовах виконання виробничих завдань, її існування в побуті та різних за характером надзвичайних ситуаціях.

Традиційно система безпеки в суспільстві будувалася на таких базисних категоріях, як зовнішній або внутрішній ворог (противник). Вважалося, що безпеку можна гарантувати тільки в результаті перемоги над цим ворогом. В сучасних умовах на перший план виступає не персоніфікована небезпека, а глибоке осмислення небезпеки або загрози як системного явища, з визначенням джерела небезпеки і характеру загрози. Однак, це не виключає і створення образу персоніфікованого ворога. Наприклад, США в якості ворогів людства оголошували СРСР («імперію зла»), Саддама Хусейна, Усаму Бен Ладена [4].

Проте, дисципліна БЖД має інтегральний характер і, відповідно, інтегральну предметну область. Біосфера як глобальний об'єкт безпеки, включає в себе техносферу, соціосферу, природу та інформаційне середовище. Ці обставини обумовлюють методичну багатовекторність у викладанні, відсутність єдиної концепції у формуванні ідеології підготовки фахівців даної галузі.

Широта прикладної галузевої підготовки часто позбавляє дисципліну БЖД фундаментальності, переводячи її в ранг другорядних. За таких умов підготовка фахівців у сфері БЖД не має належного рівня значущості, а самі фахівці, не маючи навичок загальносистемного бачення проблеми, стають безпорадними при найменших змінах в предметній області.

Мета роботи. Для досягнення вищезазначеної мети в статті поставлено завдання розкрити об'єктно-суб'єктну взаємодію елементів системи безпеки життєдіяльності; визначити основні структурні компоненти культури безпеки життєдіяльності в мікросоціумі; розглянути перспективи використання технологій розвитку загально-навчальних навичок як засобу формування культури безпеки та знань про неї у студентів ВНЗ.

Викладення основного матеріалу.

1. Поряд з необхідністю застосування технічних систем безпеки і формальних систем управління, покликаних здійснювати контроль ризиків, в рівній мірі важливо усвідомлення суб'єктами вищого пріоритету забезпечення безпеки, засноване на справжньому корпоративному прагненні до досягнення високих рівнів безпеки.

2. Особливістю курсу безпеки життєдіяльності є його інтегрований характер та велика кількість взаємозв'язків всередині нього. Маючи самостійний зміст і свої невід'ємні компоненти в інших предметах, курс спирається на систему міжпредметних знань про джерела небезпек, засобах їх попередження і подолання, тобто має місце системне знання - взаємопов'язана в цілісність сукупність предметного знання, що має певну структуру. Реалізація системного підходу вимагає від фахівця БЖД життєвого досвіду, ерудиції, володіння змістом суміжних навчальних дисциплін в необхідному обсязі, розвитку системного стилю мислення, що невід'ємно від загально-навчальних навичок.

Визначимо в узагальненій моделі теорії БЖД суб'єкт і об'єкт забезпечення безпеки як показано на рис. 1.

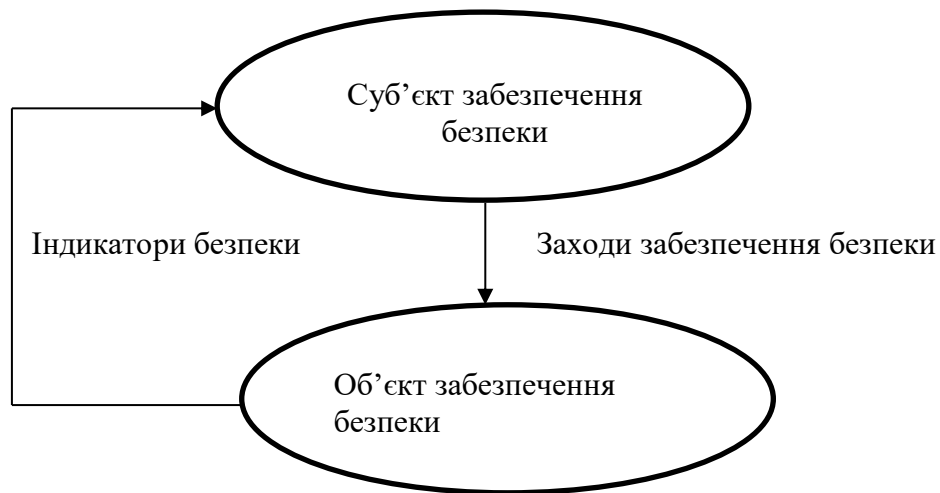


Рис. 1 – Суб'єкт і об'єкт в системі забезпечення безпеки життєдіяльності

Сигналом, що посланий об'єктом до суб'єкта, служать заходи щодо забезпечення безпеки. Індикатори безпеки можна розглядати як відгук на сигнал, що виходить від суб'єкта.

Смислова складова відгуку буде визначатися факторами безпеки. Завдання суб'єкта безпеки буде полягати в тому, щоб відрегулювати смисловий управлінський зміст проведених заходів таким чином, щоб отримати найбільш ефективний результуючий вплив. Для реалізації цього завдання необхідно провести дослідження функціональних зв'язків між частинами моделі, поставити їм у відповідність дії і навички, необхідні тим, хто навчається. Визначимо ключові компетенції при вивченні БЖД як необхідні умови, що сприяють придбанню досвіду збереження життя і здоров'я при різних обставинах, а саме: ціннісно-смислові, навчально-пізнавальні, комунікативні, інформаційні.

За дослідженнями авторів, ефективність взаємодії суб'єкта та об'єкта забезпечення безпеки життєдіяльності значно вище при певному рівні розвитку загально-навчальних навичок у суб'єкта. В цьому випадку заходи, спрямовані на забезпечення безпеки, і відгуки, що отримуються від об'єкта, будуть не тільки мати смислове узгодження, але і поширюватися на набагато ширшу предметну область.

3. Визначимо компоненти культури безпеки життєдіяльності та пріоритетні для їх реалізації загально-навчальні навички. Базовим компонентом культури безпеки та її ядром є світогляд людини, який включає уявлення про безпеку життєдіяльності. Такі компоненти світогляду, як інтелектуальний, мотиваційно-потрібнісний, чуттєво-вольової, морально-етичний, діяльнісно-практичний відображають реальну готовність особистості до певного типу поведінки, складають основу духовного і практичного аспектів її діяльності та фокусують в собі елементи понятійної складової культури безпеки.

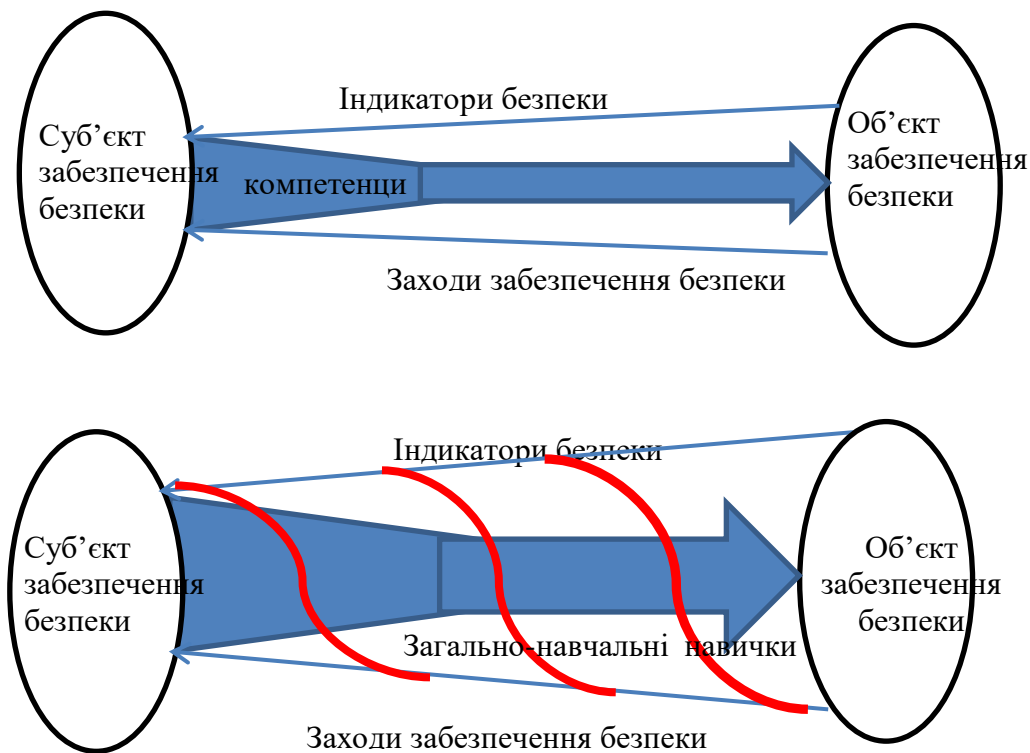


Рис. 2 – Загально-навчальні навички у взаємодії елементів системи забезпечення безпеки життєдіяльності

Опосередковану, але вкрай важливу роль у формуванні інтелектуального компонента світогляду відіграють загально-навчальні навички.

Вірний напрямок розвитку мотиваційно-потрібнісного компонента світогляду суб'єкта можливий при одночасному навчально-організаційних навичок.

Аналогічний взаємозв'язок мають чуттєво-вольовий, морально-етичний компоненти світогляду суб'єкта та рівень розвитку навчально-комунікативних навичок останнього.

За даними проведених досліджень комунікативні навички, разом із навчально-інформаційними необхідні для якісного формування діяльно-практичного компонента світогляду студента.

4. Розглянемо методичні прийоми в організації БЖД, навчання яким необхідно для подальшого системного підходу до формування культури безпеки життєдіяльності мікросоціуму.

Під формуванням культури будемо розуміти процес, складовими якого є встановлення та коригування мети та завдань, розвиток основних методів та напрямків формування культури безпеки життєдіяльності, розробка нормативно-правової та навчально-методичної бази, застосування методичного апарату розвитку загально-навчальних навичок, використання потенціалу гуманітарних та профільних дисциплін.

4. Модель формування культури безпеки пропонується структурувати наступним чином:

- принципи як основні положення, практичне виконання яких забезпечує виявлення всіх чинників, що забезпечують якість рішення і його реалізацію, а також оцінку рішень в області забезпечення безпечної середовища за допомогою

прийнятої системи критеріїв та показників сформованості культури безпеки (системності, цілісності та єдності, безперервності, циклічності та динамічності, оптимальності і міждисциплінарності);

- науково-педагогічні підходи (особистісно-діяльнісний, діалогічний (полісуб'єктний), культурологічний, антропологічний);
- мета - створення комплексу заходів щодо формування культури безпеки;
- завдання (формування та розвиток культури безпеки; завдання відповідно до специфіки етапів формування культури безпеки студентів);
- хронологічні етапи формування культури безпеки;
- методичний апарат розвитку загально-навчальних навичок;
- використання потенціалу гуманітарних (важливо у технічних вишах) та профільних (важливо у відомчих навчальних закладах) дисциплін.

Перший крок у розвитку високої культури безпеки, що є життєво важливим - досягнення прихильності їй, починаючи з верхнього рівня організації. Важливо, щоб в організації існувала ясність щодо обов'язків та відповідальності (особливо в період швидких організаційних змін). По-друге, комунікативність повинна бути безперервним і високопріоритетним процесом, що супроводжується перевітками з метою переконатися в тому, що повідомлення і приймаються, і розуміються.

Нарешті, слід протистояти спокусі висунення недосяжного списку побажань потенційних поліпшень, який може привести до перевантаженості ініціативою.

Слід вести консультації про пріоритети із зацікавленими особами, такими як працівники і наглядові організації, які повинні вносити свій вклад в адекватно забезпечений ресурсами, реалістичний план поліпшень, який безперервно розвивається і, в якому чітко розподілена відповідальність і безперервно відстежується хід реалізації. Зазначимо, що складання варіанту такого плану, є ефективним засобом розвитку загально-навчальних навичок у студентів.

Висновки

Таким чином, високий рівень безпеки можливий за умов потрібного рівня культури безпеки життєдіяльності, що реалізується шляхом створення засобів перенесення цілей безпеки на повсякденну діяльність.

Для якісної підготовки фахівця у галузі безпеки діяльності слід враховувати взаємозв'язки компонентів культури безпеки життєдіяльності та пріоритетні для їх реалізації загально-навчальні навички.

До моделі формування культури безпеки доцільним буде включити методичний апарат розвитку загально-навчальних навичок та потенціал гуманітарних та профільних дисциплін.

Список використаних джерел

1. Кодекс цивільного захисту України// Відомості Верховної Ради (ВВР), 2013, № 34-35, ст.458 [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/5403-17>.

2. Ключевые вопросы практики повышения культуры безопасности: INSAG-15/Доклад Международной консультативной группы по ядерной безопасности. Вена: Международное агентство по атомной энергии, 1989. 31с.
3. Taylor, J.C. "Facilitation of Information Exchange Among Organizational Units Within Industry". Proceedings of the Second Federal Aviation Administration Meeting on Human Factors Issues in Maintenance and Inspection 1 Information Exchange and Communication. May 1990. Washington, D.C.
4. Желібо Є. П., Заверуха Н. М., Зацарний В. В. Безпека життєдіяльності. Навч. посіб. / за ред. Є. П. Желібо і В. М. Пічі. — Київ: «Каравела»; Львів: «Новий Світ-2000», 2001. — 320 с.

Аннотация

РАЗВИТИЕ ОБЩЕУЧЕБНЫХ НАВЫКОВ КАК НЕОБХОДИМОЕ УСЛОВИЕ В ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТА С ВЫСОКОЙ КУЛЬТУРОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Черепнев И. А., Фесенко Г. В., Макогон Е. А., Гунченко В. О., Новик С. А.

В статье раскрыто объектно-субъектное взаимодействие элементов системы безопасности жизнедеятельности, рассмотрены перспективы использования технологий развития общеучебных навыков как средства формирования культуры безопасности и знаний о ней у студентов в вузе.

Методический аппарат развития общеучебных навыков, потенциал гуманитарных и профильных дисциплин являются необходимыми условиями в подготовке специалиста с высокой культурой безопасности жизнедеятельности.

Ключевые слова: *культура безопасности жизнедеятельности, общеучебные навыки, объект обеспечения безопасности, субъект обеспечения безопасности, модель теории БЖД*

Abstract

DEVELOPMENT OF GENERAL EDUCATIONAL SKILLS IS A NECESSARY CONDITION FOR PREPARING A SPECIALIST WITH A HIGH LIFE SAFETY CULTURE

I. Cherepnov, H. Fesenko, H. Makogon , V. Hunchenko, S. Novik

The article reveals the object-subject interaction of the elements within life activity safety system, considers prospects of development of general educational skills as a means of forming university students' security culture and their awareness of it.

Methodological apparatus for the development of general educational skills, the potential of humanitarian and specialized disciplines are the prerequisites for training a specialist with a high level of life safety culture.

Key words: *life safety culture, general educational skills, object of safety, subject of security, model of the theory of life safety.*

**ОЦІНЕННЯ НЕБЕЗПЕКИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ АГРЕГАТІВ ЗА ДАНИМИ
ДЕФЕКТОСКОПІЇ ДЕТАЛЕЙ**

**Полянський О. С., д.т.н., проф., Войналович О. В. к.т.н., доц.,
Мотрич М. М., к.т.н.**

*Харківський національний технічний університет сільського господарства
імені Петра Василенка*

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Проаналізовано вплив наявності експлуатаційних тріщин в типових деталях окремих вузлів на стан експлуатаційної безпеки тракторів. На основі даних дефектоскопічного контролю побудовано кінетичні залежності накопичення експлуатаційних тріщин деталей вузлів тракторів МТЗ-80(82) у часі. Тріщини, які було проаналізовано в роботі, виявлено з використанням високочутливого імпульсного вихорострумового дефектоскопа, що дозволило визначити кількісно діапазон розмірів тріщин, які відповідають певним термінам тривалості експлуатації. Встановлено, що процес накопичення тріщин має експоненціальну кінетику. Перевищення граничного терміну експлуатації агрегатів впливає на зміну ймовірності аварійності на механізованих і транспортних роботах. Визначено, що граничний термін для досліджених типів тракторів становить 13-14 років.

Ключові слова: *вичерпання ресурсу тракторів, тріщини в деталях тракторів, дефектоскопічний контроль.*

Вступ. Агропромисловий комплекс (АПК) належать до найбільш травмонебезпечних галузей економіки [10, 13], де рівень виробничого травматизму залишається неприпустимо високим. Окрім помилкових дій працівників причинами аварій і нещасних випадків під час роботи тракторів і машинно-тракторних агрегатів (МТА) часто є несправності механізмів рульового керування, гальмівної і ходової систем та ін. [5]. Ці несправності зумовлені тим, що більшість машин і механізмів, що перебувають в експлуатації в АПК України та близького зарубіжжя, відпрацювали ресурс понад 90 % і не відповідають вимогам безпеки праці [1, 12].

Ймовірність настання аварійних ситуацій через вичерпання ресурсу роботи деталей чи вузлів машини залежить від тривалості експлуатування машини та інтенсивності силового навантаження на окремі деталі агрегату [9], що спричиняє виникнення експлуатаційних дефектів. То ж зниженню аварійності в АПК сприятиме виявлення експлуатаційних дефектів у деталях тракторів і самохідних сільськогосподарських машин (ССМ) на ранніх стадіях пошкодження та недопущення до експлуатації техніки, в деталях вузлів якої розвинулися тріщини граничних параметрів.

Актуальність роботи полягає у необхідності обґрунтування граничних термінів використання мобільної сільськогосподарської техніки тривалої експлуатації, в деталях якої виникли експлуатаційні дефекти.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Високий рівень травматизму в АПК зумовлено тим, що більшість технологічних операцій виконують із застосуванням морально застарілої та спрацьованої техніки [11]. Однак, дослідники виробничого травматизму в АПК насамперед звертають увагу на організаційні причини [11] та умови праці на МТА [3], здебільшого залишаючи поза увагою незадовільний технічний стан мобільних засобів виробництва АПК.

Нині в АПК на тлі високого амортизаційного зношення колісної техніки не в повній мірі вдається вирішити питання підвищення безпеки праці механізаторів та водіїв [16]. Дослідження щодо встановлення параметрів умов і безпеки праці на машинах і МТА як правило належать до другорядних [6].

Аналіз досліджень, присвячених питанням оцінювання професійних ризиків в АПК, показав, що застосовувані нині методи здебільшого не визначають кількісні характеристики безпеки системи людина-машина-довкілля (Л-М-Д) і їх можна використати як оцінку окремих показників [7, 8].

З іншого боку, у роботах, де розглядають питання функціонування математичної моделі системи Л-М-Д у сільськогосподарському виробництві, основний наголос здебільшого зроблено на надійнісні аспекти мобільної техніки [1, 14]. Але при цьому не розглядають потенційні небезпеки для механізаторів та інших працівників, задіяних у виробничому процесі.

Так, контролюючи якість проведеного технічного обслуговування та ремонту мобільної сільськогосподарської техніки, здебільшого звертають увагу на визначення технологічних і економічних показників роботи машини [17], не відстежуючи наявності експлуатаційних дефектів (тріщин) в деталях. А це часто зумовлює виконання механізованих робіт з підвищеним рівнем аварійності, що призводить до травмування механізаторів і допоміжних працівників [5].

Аналіз літературних джерел дозволяє висунути гіпотезу, що для встановлення закономірностей вичерпання ресурсу, прогнозування показників надійності і безаварійності агрегатів тривалої експлуатації можуть бути задіяні статистичні дані дефектоскопічного контролю про наявності експлуатаційних тріщин у масиві деталей окремих вузлів, що визначають безпеку експлуатації МТА [20].

Отримання статистично обґрунтованих даних дефектоскопічного контролю під час технічного обслуговування та ремонту сільськогосподарської техніки стримує неадаптованість портативних дефектоскопів для оперативного діагностування окремих деталей тракторів і ССМ [2, 19]. Зокрема, нині відсутні карти обліку експлуатаційних дефектів деталей вузлів мобільної сільськогосподарської техніки після тривалого використання.

Мета дослідження: обґрунтувати граничні терміни експлуатації мобільної сільськогосподарської техніки з високим ступенем пошкодження деталей.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні прикладні наукові задачі:

- проаналізувати можливості адаптування портативних дефектоскопів для оперативного виявлення експлуатаційного пошкодження у масиві деталей вузлів тракторів та ССМ.

- отримати та проаналізувати кінетичні залежності накопичення масиву

дефектів у деталях вузлів тракторів різної тривалості експлуатації.

Матеріали і методи дослідження. В основу досліджень було покладено тезу, що ймовірність виходу з ладу окремих вузлів трактора чи МТА визначається комплексом наявних тріщин у деталях, що накладає особливі вимоги до періодичності та ретельності проведення дефектоскопічного контролю. Разом з тим достовірність прогнозу безпосередньо залежить від якості отриманої інформації про наявність дефектів у відповідальних деталях та елементах конструкцій таких об'єктів. Запропонований підхід не суперечить методикам статистичного оцінення ймовірності безвідмовної роботи сільськогосподарської техніки, розроблених іншими авторами [1, 14].

У роботі за допомогою спеціалізованого портативного вихорострумового дефектоскопу було оцінено наявність тріщин у деталях вузлів тракторів МТЗ-80(82) з різними термінами експлуатації. Було проведено дефектоскопічний контроль більше 50 тракторів, які перебували в експлуатації до 17 років з дати випуску. Дефектоскопічний контроль виконували під час проведення дефектування деталей цих тракторів, що надійшли для ремонту.

Щоб конкретизувати об'єкти дефектоскопічного контролю та звужити поле виявлення тріщин, наявні деталі окремих вузлів трактора було виокремлено на кілька категорій:

- 1) високонапружені деталі з високою ймовірністю зруйнування;
- 2) деталі, технічних стан яких зумовлено сукупною дією силових чинників з агресивними умовами довкілля;
- 3) деталі, що зазнають малої пошкоджуваної дії;
- 4) деталі, в яких пошкодження виявляють лише візуально (дрібні, неметалеві тощо).

У рамках запропонованого методичного підходу не було враховано потенційну тріщинонебезпечність та пошкоджуваність третьої і четвертої категорії деталей: кріпильних, гумових, неметалевих тощо.

Результати дослідження. Кінетику накопичення тріщин у деталях систем і вузлів тракторів МТЗ-80 (82) різної тривалості експлуатації представлено на рис. 1 і 2. Координати графіків наступні: вісь ординат – відносна кількість виявлених тріщин n_d у загальній сукупності досліджених, значущих з погляду безпеки експлуатації, деталей N ; вісь абсцис – відносна тривалість експлуатації тракторів (розраховано щодо базової тривалості 17 років). Експериментальні дані для окремих діапазонів експлуатації тракторів описано лініями тренду з лінійною фільтрацією по 2-х періодах.

Встановити з експлуатаційної документації на трактор тривалість його використання протягом календарного року здебільшого складно, адже відомим є лише його рік випуску. Тому відносну тривалість експлуатації тракторів було розраховано на основі наступних припущень.

Виконаний дефектоскопічний контроль деталей вузлів було проведено для тракторів, які вже певний час були задіяні на механізованих і транспортних роботах, зазнали силового навантажування, що призвело до зародження експлуатаційних тріщин. Частина з цих дефектів було виявлено під час ремонтів тракторів з розбиранням вузлів. То ж вважали, що всі досліджені трактори

одного року випуску перебували в експлуатації однаковий період. Як базовий було вибрано 17-річний термін експлуатації тракторів МТЗ-80(82), що вдвічі більше розрахункового ресурсу.

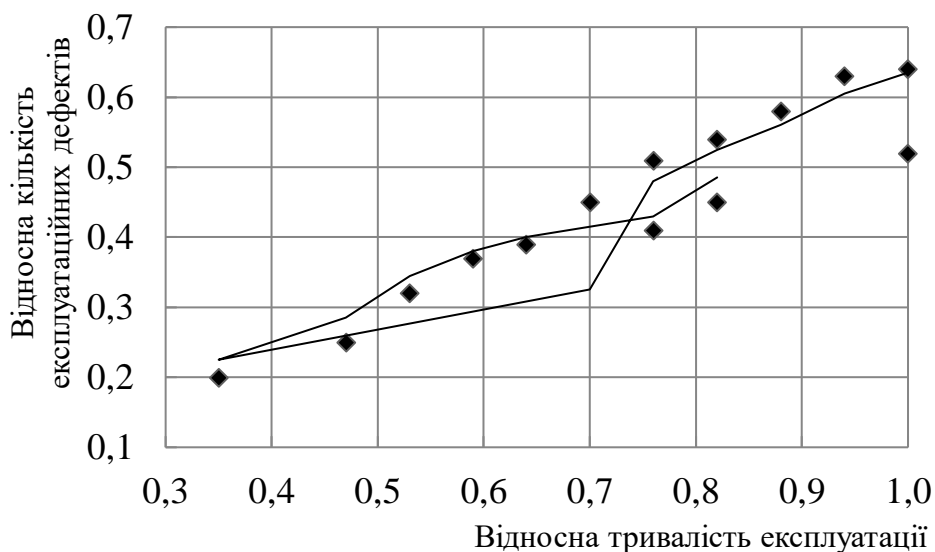


Рис. 1 – Кінетика накопичення тріщин у деталях системи рульового керування тракторів МТЗ-80(82) різної тривалості експлуатації

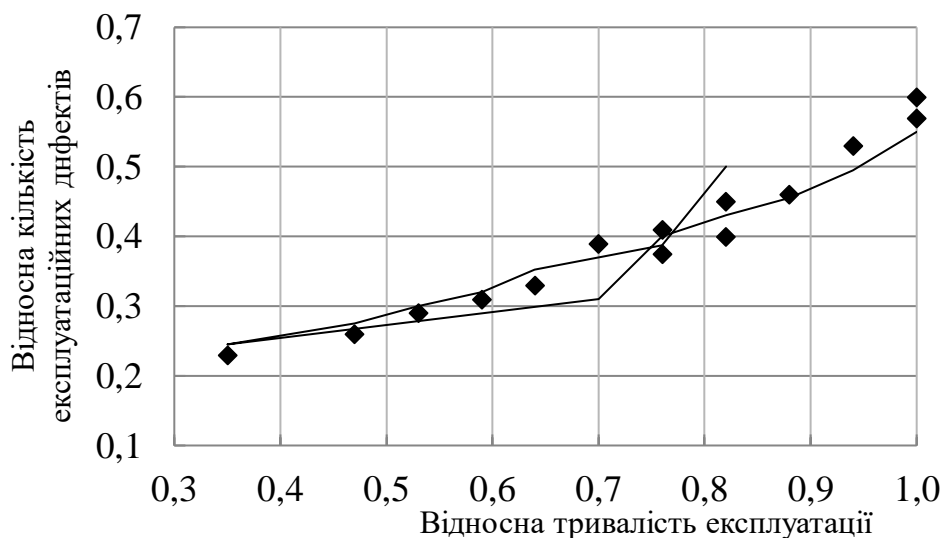


Рис. 2 – Кінетика накопичення тріщин у деталях навісного пристрою тракторів МТЗ-80(82) різної тривалості експлуатації

Аналіз ліній тренду дозволяє вказати на діаграмах накопичення тріщин у деталях вузлів (систем) тракторів МТЗ-80(82) відносну тривалість експлуатації, після якої інтенсивність виникнення тріщин суттєво зростає. У разі перевищення цієї величини збільшується ймовірність раптового руйнування вузлів трактора та створення аварійних ситуацій на механізованих чи транспортних роботах.

Для досліджених вузлів тракторів ця величина приблизно однакова і перебуває у діапазоні 0,7–0,8 відносної тривалості експлуатації, тобто близько 13–14 років. Отже, даний показник може служити критерієм для припинення

експлуатації трактора, проведення дефектоскопії деталей з метою виявлення тріщин та усунення (замінення дефектних деталей).

До Правил технічної експлуатації тракторів та мобільної сільськогосподарської техніки [15] необхідно внести вимоги щодо інструментального (за допомогою портативних дефектоскопів) виявлення тріщин небезпечних розмірів у деталях вузлів, а візуальний контроль розглядати як недостатній. Значення дефектоскопічного контролю суттєво зростає з тривалістю перебування тракторів, комбайнів та ССМ в експлуатації, зокрема після 10–12 років.

Уведення до практики діяльності ремонтних підрозділів методик оперативного дефектоскопічного контролю та оцінення ризику експлуатації мобільної сільськогосподарської техніки з дефектами дозволить щорічно суттєво збільшити ступінь виявлення несправних сільськогосподарських агрегатів. А отже й знизити кількість аварій сільськогосподарських агрегатів та нещасних випадків.

Висновки. Отримані експериментальні характеристики наявності небезпечних механічних дефектів у деталях вузлів тракторів різної тривалості експлуатації дозволили встановити тривалість експлуатації, після якої інтенсивність виникнення тріщин суттєво зростає. Для досліджених вузлів тракторів ця величина становить близько 13-14 років. Даний показник може служити критерієм для припинення експлуатації трактора, проведення дефектоскопії деталей з метою виявлення та усунення тріщин (замінення дефектних деталей).

Список використаних джерел

1. Аулін В.В. Прогнозування залишкового ресурсу агрегатів та систем транспортних засобів сільськогосподарського виробництва за їх технічним станом / В.В. Аулін, В.М. Каліч, А.В. Гриньків, Д.В. Голуб // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: загальнодерж. міжвід. наук.-техн. зб. – Кіровоград: КНТУ, 2015. – Вип. 45, ч.
2. Афанасьев В.Б. Современные методы неразрушающего контроля / В.Б. Афанасьев, Н.В. Чернова // Успехи современного естествознания. – 2011. – № 7.
3. Богданов А.В. Определение состояния условий труда на основе методики интегральной оценки // А.В. Богданов // Вестн. ЧГАУ, 2008. – Т. 52.
4. Гнатюк О.А. Оцінення ризику травмування трактористів-машиністів під час проведення технічного обслуговування та ремонту сільськогосподарської техніки / О.А. Гнатюк, О.О. Покутний, Т.О. Білько // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія «Техніка та енергетика АПК». – К.: НУБіП України, 2014. – Вип. 196, ч. 2.
5. Гнатюк О. Применение вероятностного анализа для оценки риска травмирования механизаторов агропромышленного комплекса / О. Гнатюк, А. Покутний, Т. Билько // Motrol. Commission of motorization and energetics in agriculture. – Lublin-Rzeszów, 2014. – Vol. 16. – № 3.

6. Голубев И.Г. Организация сервисного обслуживания сельскохозяйственной техники фирмами на российском рынке / И.Г. Голубев, Н.В. Корольков, В.Ф. Карпенков // Техника и оборудование для села. – 2013. – № 6.
7. Гребенщикова О.А. Обоснование риска системы «О-М-С» в транспортно-технологическом процессе сельскохозяйственных операций / О.А. Гребенщикова, Ю.Г. Горшков, М.С. Дмитриев // Охрана труда и техника безопасности. – М., 2007. – № 10.
8. Дмитриев М.С. Показатели безопасности при эксплуатации зерноуборочных комбайнов / М.С. Дмитриев, Ю.Г. Горшков, А.В. Заинишев // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – М., 2009. – № 12.
9. Калугин А.А. Методика оценки травмирования операторов мобильных колесных машин / А.А. Калугин, Н.С. Сергеев // Достижения науки и техники АПК. – М., 2011, № 7.
10. Комар А.С. Аналіз стану охорони праці в агропромисловому комплексі України / А.С. Комар // Науковий вісник ТДАТУ. – Мелітополь: ТДАТУ, 2012. – Вип. 2. – Т. 3.
11. Короткий А.А. Оценка риска человеческого фактора в системе «персонал - подъемные механизмы - производственная среда» на предприятиях машиностроения / А.А. Короткий, Е.В. Егельская // Вестник ДГТУ, 2015. – Т. 15. – № 1(80).
12. Костомахин М. Тракторист и надежность трактора / М. Костомахин // Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт. – 2011. – № 2.
13. Лапин А. Травматизм со смертельным и тяжелым исходом в крестьянских (фермерских) хозяйствах, его причины и предупреждение / А. Лапин, Н. Студенникова, В. Орлов // Охрана труда и техника безопасности в сельском хозяйстве. – 2008. – № 4.
14. Посвятенко Е.К. Прогнозування ресурсу деталей функціональних систем мобільних машин до виводу їх в ремонт / Е.К. Посвятенко, Д.П. Журавель // Збірник наукових праць ТНУ, 2011.
15. Правила технічної експлуатації тракторів, самохідних шасі, самохідних сільськогосподарських, дорожньо-будівельних і меліоративних машин, сільськогосподарської техніки, інших механізмів. Затверджено наказом Міністерства аграрної політики України № 173 від 06.04.2010 р.
16. Шалапко Ю.І. Прихованість фреттинг-процесів у з'єднаннях автомобільної техніки та їх вплив на безпеку експлуатації / Ю.І. Шалапко, А.Л. Ганзюк, М.А. Разуваєва // Вісник Хмельницького національного університету, 2010. – № 5.
17. Шкрабак В.С. Методические аспекты теоретического обоснования безопасности транспортных работ и технические средства ее реализации / В.С. Шкрабак, Е.Н. Христофоров, Р.В. Шкрабак // Вестник СГАУ им. Н.И. Вавилова, Саратов, 2009. – № 3.
18. Шкрабак Р.В. Анализ оснащенности сельскохозяйственной техники средствами безопасности / Р.В. Шкрабак // Вестник СГАУ им. Н.И. Вавилова, Саратов, 2007. – № 1.

19. Шульженко М.Г. Розробка мобільного багатофункціонального вимірювально-діагностичного комплексу неруйнівного контролю і оцінки технічного стану енергетичних і транспортних агрегатів тривалої експлуатації / М.Г. Шульженко, Ю.Г. Єфремов, В.Й. Цибулько, О. В. Депарма // Техническая диагностика и неразрушающий контроль, 2016. – № 1.
20. Voinalovych A.V. Control of the technical state of agricultural aggregates by facilities of fault detection / A.V. Voinalovych, M.N. Motrich / Mechanization in agriculture, 2015. – Year LXI, ISSN 0861-9638, issue 12/2015, Bulgaria.

Аннотация

ОЦЕНКА ОПАСНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ АГРЕГАТОВ ПО ДАННЫМ ДЕФЕКТОСКОПИИ

Полянский А. С., Войналович А. В., Мотрич М. Н.

Проанализировано влияние наличия эксплуатационных трещин в деталях отдельных узлов на состояние эксплуатационной безопасности тракторов. На основе данных дефектоскопического контроля построены кинетические зависимости накопления эксплуатационных трещин деталей узлов тракторов МТЗ-80(82). Проанализированные в работе трещины были обнаружены с использованием высокочувствительного импульсного вихретокового дефектоскопа, что позволило определить количественно диапазон размеров трещин, которые отвечают определенным срокам продолжительности эксплуатации. Установлено, что процесс накопления трещин имеет экспоненциальную кинетику. Превышение предельного срока эксплуатации агрегатов влияет на изменение вероятности аварийности на механизированных и транспортных работах. Определено, что предельный срок для исследованных типов тракторов составляет 13-14 лет.

Ключевые слова: *исчерпание ресурса тракторов, трещины в деталях тракторов, дефектоскопический контроль.*

Abstract

ASSESSING OF THE HAZARDS OF OPERATION OF AGRICULTURAL UNITS USING OF DEFECTOSCOPIC DATA

A. Polyanski, A. Voinalovych, M. Motrich

The influence of the presence of cracks detected in the array of operational defects of typical parts of individual units on the condition of safety of tractors has been analyzed. Based on data of defectoscopic control, the kinetic dependences of the accumulation of operational fractures of parts of MTZ-80(82) tractor units in time were constructed. The cracks analyzed in the work were detected using a high-sensitivity pulsed vibration current flaw detector, which allowed us to quantify the size of the cracks that correspond to certain operating lifetime terms. It is established that the process of accumulation of cracks has an exponential kinetics. Exceeding the

maximum period of operation of aggregates dependence affects the change in the probability of accidents on mechanized and transport works. It is determined that the deadline for researching tractor types is 13-14 years.

Key words: *exhaustion of the operational resource, cracks in details of tractors, defectoscopic control.*

УДК 662.638/818:674.08

КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА І АНАЛІЗ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ІСНУЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПЕРЕРОБКИ РОСЛИННИХ ВІДХОДІВ У ПАЛИВНІ БРИКЕТИ

**Полянський О. С., д.т.н., проф., Д'яконов В. І., к.т.н., доц.,
Дьяконов О. В., асист.**

*Харківський національний технічний університет сільського господарства
імені Петра Василенка*

Встановлено, що існуючі технології виробництва паливних брикетів енерговитратні і використовують до 60% енергії на сушіння та брикетування біомаси. Виготовлені брикети гігроскопічні з малою тепловою здатністю та міцністю. Виконано класифікацію технологічних процесів брикетування біомаси ведучих світових фірм. Використання екологічно безпечних зв'язуючих дає можливість підвищити основні характеристики тепло здатності, міцності, гігроскопічності та економічності виготовлення паливних брикетів.

Ключові слова: *паливні брикети, рослинні та деревні відходи, технологія виготовлення.*

Вступ. Україна має високорозвинений сектор сільського господарства, зокрема рослинництва, який щорічно генерує великий обсяг різноманітних відходів та залишків. В природному вигляді цю біомасу з малою насипною щільністю використовувати не доцільно - її необхідно переробляти в тверде паливо-брикети.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. В останні роки в Україні і за кордоном ведуться інтенсивні дослідження і розробки, спрямовані на перетворення біомаси з потенційних паливно-енергетичних ресурсів в реально використовувані і конкурентоспроможні палива [1,2]. Процеси термообробки рослинних відходів для надання їм необхідних фізико-технічних і експлуатаційних характеристик є досить енергоємними і тривалими. Так затрати енергії на сушку і пресування сировини складають до 60% від всіх затрат при виробництві паливних брикетів із рослинних відходів [1,2]. З різноманіття методу реалізації цього процесу найбільш ефективним з точки зору продуктивності, енергозбереження, екологічної чистоти, якості готового продукту є сушка енергією електромагнітного поля надвисокої частоти (НВЧ) [1,2]. Проте, незважаючи на значну кількість публікацій з даної проблематики, кількість

дискусійних питань не зменшується, особливо в частині пошуку сировинної бази для виробництва твердого біологічного палива та налагодження масового його виробництва та споживання в Україні

Мета, завдання та методика дослідження. Метою дослідження є збір і аналіз науково-технічної інформації для визначення подальших шляхів вдосконалення методів отримання твердого біопалива з деревних відходів з поліпшеними показниками енергозбереження, міцності і водостійкості.

Для проведення досліджень використано комплекс методів наукового дослідження: порівняльний, теоретичний і статичний.

Результати дослідження. Процес брикетування - це процес стискування матеріалу під високим тиском з виділенням температури від сили тертя. За рахунок даного впливу в деревині відбувається виділення лігніну, який є сполучною речовиною для формування брикету. Для брикетів не з деревної сировини, можуть застосовуватися екологічно чисті добавки.

На даному етапі виділяють три основні технології виготовлення паливних брикетів.

RUF технологія. Заснована на пресуванні прямокутних брикетів (рис.1) під високим тиском (30-40МПа). За формою вони нагадують цеглину зі скошеними кутами. Щільність до 1000 кг/м³. Особливістю такого методу є невисока вартість обладнання, простота в управлінні. До недоліків даного способу виготовлення паливних брикетів можна віднести те, що брикети малостійкі до вологи, що вимагає більш щільної і якісної їх упаковки. Брикети, виготовлені таким способом, мають проблеми з міцністю. В ряді випадків лігнін не здатний утримувати деревні частинки разом і отримані брикети розпадаються на великі частини. Брикети погано витримують тривале зберігання особливо при далеких перевезеннях, та коливаннях температури поблизу 0 С.



Рис. 1 – Паливні брикети виконані по технології RUF

Nestro технологія. В основі якої лежить ударний спосіб виготовлення циліндричних паливних брикетів з радіальним отвором або без нього (рис.2)

Щільність до 1200 кг/м³. Паливний брикет виробляється з допомогою ударних пресів при тиску 40-60 МПа. Так само, як і в першому випадку, собівартість виготовлення цього виду паливних брикетів невелика, оскільки відбувається економія на витратах на виробництво. Брикет крихкий та не терпить вологи, що негативно позначається на транспортуванні та коливаннях температури.

Pini&Kaу технологія. Реалізує шнекове пресування при тиску 100-110МПа з 4 або 6 гранями та поверхневою термообробкою з радіальним отвором (рис. 3).



Рис. 2 – Паливні брикети виконані по технології Nestro

Щільність більше 1200 кг/м^3 . Такий спосіб є альтернативою першим двом, оскільки є найбільш вигідним у порівнянні з ними і дає продукцію більш високої якості. До недоліків шнекового способу пресування слід віднести високі експлуатаційні витрати і низький операційний час завантаження обладнання. Причин цьому декілька: значне спрацювання шнека і, як наслідок, необхідність зупинок для його заміни; необхідність ручного контролю декількох параметрів. Для виконання перелічених робіт необхідний кваліфікований персонал, внаслідок чого має місце високий вплив людського фактору. Поверхнева термообробка «оплавлення» брикету надає поверхневу міцність, але не створює міцну матрицю всередині матеріалу. Проведений аналіз свідчить, що мала теплотворна здатність, значний вміст пилу і дрібних частинок у брикетах ознака поганої якості, малої механічної міцності і швидкого стирання. Цей показник важливий під час транспортування, зберігання і подачі брикетів в котел для спалювання, оскільки може бути причиною втрат під час завантажувально-розвантажувальних робіт, зменшення їх маси. Крім того, під час спалювання в малих котлах дрібна фракція засмічує подавальні шнеки, перешкоджає подачі кисню і таким чином може призвести до зниження ККД котла під час спалювання і навіть пошкодження дорогоцінного обладнання. В таких випадках для надання міцності брикету необхідно використовувати сторонні зв'язуючі. Вибір технології виробництва паливних брикетів залежить від наступних факторів:

- а) планованого обсягу виробництва брикетів;
- б) наявності, вид і розміру відходів;
- в) вологості відходів.



Рис. 3 – Паливні брикети виконані по технології Pini&Kaу

До технологічного процесу необхідно долучити операції подрібнення і, за потреби, до подрібнення деревної маси. Важливим чинником є наявність вологи у деревних частинках. Сушіння деревини до вологості 6-15 % відбувається в традиційних сушильних камерах при допомозі зовнішнього агресивного впливу – температури, пари, вакууму. При такій дії в першу чергу висихають поверхневі шари деревини зневоднюючи їх і тільки потім процес сушіння просувається вглиб матеріалу, що вимагає великої витрати енергії [1,2]. Одним з найперспективніших видів термічної обробки є нагрів матеріалів в електромагнітних полях. Розповсюдження високочастотного методу нагрівання (сушіння) матеріалів пояснюється цілим рядом його гнучких особливостей.

Перш за все, при високочастотному нагріванні з'являється можливість забезпечення високих швидкостей підвищення температури в матеріалі. Це дозволяє виконувати вибірковий нагрів при обробці неоднорідних матеріалів, що понижує енергетичні витрати процесу в цілому. Перевагою НВЧ – нагріву є високий к. к. д. перетворення НВЧ – енергії в теплову, яка виділяється в об'ємі тіл, що нагріваються. Теоретичне значення цього к. к. д. близько 100 %. Теплові втрати в провідних трактах звичайно невеликі, і стінки хвилеводів і робочих камер залишаються практично холодними, що створює комфортні умови для обслуговуючого персоналу [1,2]. Впровадження високочастотного методу нагріву значно покращує санітарно – гігієнічні умови праці, але певним недоліком ЕМП технології є нагальна необхідність екранування ЕМП виключно в зоні взаємодії поля з речовиною та недопущення його витоків більше гранично- допустимих рівнів. Огляд літературних джерел та аналіз досліджень по виробництву паливних брикетів дозволили зробити висновок, що більшість задач по мінімізації енергозатрат цього виробництва ще недостатньо вивчені особливо використання НВЧ енергії.

Аналіз технологій виробництва паливних брикетів виявив такі недоліки:

- низька стабільність роботи обладнання в заявлених режимах;
- нездатність обладнання забезпечити заявлену продуктивність;
- недостатня механічна міцність та теплотдатність;
- висока енергоємність і наявність «прихованих» витрат;
- висока гігроскопічність.

Ці недоліки визначають низьку економічну ефективність виробництва паливних брикетів. Паливні гранули (пелети) в основному виробляються без додавання зв'язуючих речовин, в той час для отримання брикетів з поліпшеними показниками якості використовуються різні добавки і зв'язуючі речовини. Стандарти деяких країн світу забороняють застосування сполучних для виготовлення брикетів (пелет), оскільки містять жорсткі екологічні вимоги щодо викидів [3].

Однак застосування природних, екологічно чистих зв'язуючих дозволить поліпшити технологічні характеристики твердого біопалива і дасть можливість розширити сировинну базу для його отримання. В якості таких сполучних може бути використаний природний полімер - лігнін. Лігнін - аморфна речовина від світло-кремового до темно-коричневого кольору (в залежності від способу виділення), молекулярна маса розчинних лігнінів від 1 до 150 тис., щільність 1250-1450 кг /м³. Лігнін проявляє пластичні властивості при підвищеному тиску

і температури, особливо у вологому стані. Лігніни, виділені різними способами, відрізняються за складом і властивостями [4].

Лігнін, який представляє собою суміш нерегулярних полімерів родинної будови, в основі яких лежать близькі за будовою ароматичні речовини, вже давно є об'єктом досліджень, спрямованих на розробку способів його використання. Найбільший інтерес для отримання твердого біопалива представляють відходи гідролізного виробництва - гідролізний лігнін, який може служити як в якості наповнювача в паливному композиті, так і в якості сполучного при його виробництві [5].

В роботі [6] був вивчений вплив різних добавок і сполучних (ріпакове борошно, порошок кавових зерен, кора, порошок лігніну і соснові шишки) на пресування брикетів з тирси деревини модрина та тюльпанового дерева. Показано, що при використанні в якості сполучного порошку лігніну отримані паливні брикети з високими характеристиками міцності.

В оглядовій статті [7] продемонстровано, що лігнін - дешевий побічний продукт переробки деревини - може змішуватися з крохмалем і гліцерином, даючи більш міцні і пружні матеріали. У процесі подрібнення лігніну утворюються дуже дрібні частинки, що дає хорошу адгезію з крохмалем, білками сої та їх похідними з утворенням просторових структур, що робить їх привабливими для використання в якості в'язучих речовин.

Автори роботи [8] вивчали вплив крохмалю на щільність і теплотворну здатність брикетів з тирси. Встановлено, брикети з високою теплотворною здатністю 33 МДж / кг і щільністю 546 кг / м³ отримані при використанні в якості сполучного крохмалю.

Застосовуючи гліцерин в якості сполучного при пресуванні соломи пшениці, отримали брикети зі зниженою зольністю і високою теплотворною здатністю (18 - 19 МДж / кг) тільки в присутності тирси хвойних порід деревини [9].

В роботі [10] брикети отримували із суміші рисової соломи спільно з рисовими висівками і тирсою. Автори припускають, що щільність брикетів зростає за рахунок утворення зшиваючих зв'язків між двома рослинними полімерами - лігніном і білком. При цьому при температурі пресування 90 °С брикети мають достатню теплоту згоряння, але низьку щільність, що позначається на їх міцності. Підвищення температури пресування до 150 °С призводить до отримання високоміцних брикетів з теплотою згоряння 18 МДж / кг.

Автори винаходу [11] пропонують спосіб виготовлення твердого біопалива, що включає змішування рослинної біомаси з 0,1- 10 мас. % крохмалю і насичених довгих ланцюгових жирних кислот, які мають алифатичний ланцюг довжиною принаймні в 12 атомів вуглецю, або їх аналоги, що мають температуру плавлення в межах від 40 - 95 °С, а також в якості сполучного крім крохмалю використовували карбоксилметіл целюлозу при наступному співвідношенні компонентів, мас. %: крохмаль від 4 до 8 або карбоксилметіл целюлози від 4 до 8, води менш 3, подрібненого деревного вугілля - інше, до 100. Застосування даних сполучних дозволило підвищити щільність паливного брикету з 500 до 900 кг / м³.

Такі технічні рішення розширюють асортимент твердого палива і забезпечують створення екологічно чистого брикетованого палива з високими характеристиками. Однак основним недоліком цих методів отримання твердих біопалив є застосування в якості сполучних продуктів харчового призначення, що може привести до збільшення їх вартості. Для підвищення теплоти згорання, зменшення зольності і збільшення водостійкості перед пресуванням біомасу піддавали термічній обробці при температурі 200 - 300 °С без доступу повітря. Потім отриману біомасу подрібнювали і пресували, змішуючи зі сполучним (крохмаль, борошно, ін.) [11] і без нього [12]. Брикети, отримані з термічно обробленою деревиною при використанні сполучних, мали високі характеристики. При торефікації біомаси при температурі 200-320 °С без доступу повітря отримують «чорні» брикети (пелети) – модифіковане вологостійке енергетичне паливо з не великим вмістом води (до 3%), малими обсягом і масою (зниження на 30-50%), з незначним вмістом сірки і низьким вмістом золи, здатне конкурувати з вугіллям. Воно може зберігатися на відкритому повітрі і відвантажуватися у відкриті контейнери, що знижує собівартість зберігання і транспортування в порівнянні зі звичайними дерев'яними гранулами [13].

Автори робіт з метою підвищення пластифікуючих властивостей і сполучних якостей лігніну і лігноцелюлозної біомаси в процесі пресування використовували активацію (вибуховий автогідроліз) [14], хімічну модифікацію (окислення лігнінів) [15] і механоактивацію гідролізного лігніну [16]. Отримані паливні брикети мали поліпшені характеристики.

В роботі [17] авторами було запропоновано для виробництва твердого біопалива використовувати сполучне біомасло, отримане піролізом біомаси або різних видів лігніну (крафт-лігнін, лігнін чорного лугу і ін.). В результаті проведених досліджень були отримані паливні брикети з підвищеною гідрофобністю і високою теплою згорання. У роботах [18] авторами встановлено, що низькомолекулярні лігніни, отримані в процесі окислювальної каталітичної делігніфікації деревини ялиці і осики в середовищі оцтової кислоти, мають велику кількість кисневмісних груп і можуть бути використані в якості сполучних при отриманні твердих біопалив. Так, деревні брикети, отримані з використанням уксуснокислотних лігнінів, мали міцність на стиск 28 і 21 МПа і водопоглинання 18 і 15% для ялиці і осики відповідно. Ще один рослинний полімер являє інтерес з точки зору застосування його як сполучного при виробництві твердих біопалив - суберін, ліпофільна високомолекулярна речовина з клітинних оболонок тканин, вміст якої в бересті кори берези досягає 37 - 40%. У патенті [19] запропонований спосіб виділення суберіна, що міститься в бересті берези. Потім подальша переробка фракції, збагаченою гідроксіоктадекановою кислотою, в моно-, оліго- і поліефіри або відповідні складні ефіри, які можуть бути використані в якості паливних компонентів, пластифікаторів, екологічно чистих агентів для модифікації деревини, сполучних речовин для деревних композитів і твердих біопалив.

Авторами [20] були виділені суберінові кислоти гідролізом водними розчинами NaOH і Na₂CO₃ з кори коркового дуба з подальшою їх

етерифікацією для застосування в якості сполучного агента при отриманні винних пробок, де наповнювачем брали мелкодисперсну кору. Також в роботі запропоновано використовувати отримане сполучне для виробництва твердих біопалив. В роботі [21] показано, що суберин, виділений з берести берези гідролізом КОН, має підвищену реакційну здатність за рахунок вмісту реакціонноздібних груп різної хімічної природи. Застосовуючи суберин в якості сполучного, автори отримали брикети з щільністю 850 - 862 кг / м³ і межею міцності на стиск 23- 29 МПа.

До особливої категорії твердого біопалива можна віднести брикети, отримані з використанням вторинної сировини в якості сполучних, наповнювачів і покращувачів. Для виготовлення таких брикетів застосовують всі види відходів переробки лігноцелюлозної сировини, а також побутові відходи.

Так, автори [22] пропонують використовувати в якості сполучного досить енергетичні побутові відходи (поліетилен та др.) і наповнювач - матеріали рослинного походження (солома, торф, тирса і папір). При пресуванні на поверхні таких брикетів утворюється захисна плівка, що поліпшує їх фізико-механічні властивості. Відомо, що молекули полімерів поліолефінової групи (поліетилен, поліпропілен) погано сумісні з частинками деревини. Ці смоли гідрофобні і неполярні, а деревні частинки, навпаки – гідрофільні і полярні. Ось чому при горінні поліетилен витікає із брикету і губиться найбільш висококалорійна частина палива (енергія, яка виділяється при спалюванні поліетилену-46 МДж/кг). Найбільше тепла виділяють популярні паливні брикети з лушпиння соняшника. Це пов'язано з наявністю масла, яке збільшує їх енергетичну цінність. Брикети з лушпиння соняшника володіють характерним олійним запахом і мають більш темний колір.

У ряді робіт [23] запропоновано додавати в прес-масу вугільний пил або рідкі моторні палива, в якості сполучного тут виступають водорості, віск або мул, що дає можливість розширити сировинну базу для утилізації відходів. Такі паливні брикети можуть бути використані як індустріальні палива.

Авторами обґрунтовано і запропоновано спосіб виготовлення брикету. В матеріал рослинного походження додаються енергетичне зв'язуюче – відходи поліетиленової плівки (відходи поліетилену) та тиксотропна добавка - відходи виробництва шкіряної сировини – шкіряний пил при такому співвідношенні компонентів, мас. %: сировина рослинного походження – 80, зв'язуюче – 20 (подрібнений поліетилен – 18, шкіряний пил – 2).

Авторами вперше удалося інтенсифікувати процес формування брикетної суміші (зв'язування відходів) шляхом створення ефекту об'ємного нагріву в матеріалі при допомозі високочастотного поля.

Розроблена гнучка НВЧ технологія дозволяє:

- зменшити час технічних циклів в 12 разів;
- економити енерговитрати до 63%;
- зменшити технологічні площі в 2 рази;
- отримувати якісно новий паливний брикет з підвищеною гігроскопічністю, міцністю та теплотворною здатністю.

Порівняльні дані занесені в табл. 1.

Таблиця 1 – Коефіцієнт енергетичної ефективності різних видів палива

Вид палива	брикети RUF	Nestro	Pini&Kay	Розроблені	Дизельне паливо	Кам'яне вугілля
Показники	3,9	4,1	4,3	4,8	4,2	4,9

Висновки

1. Аналіз існуючих технологій брикетування рослинної сировини показує що особливу увагу необхідно приділити модулю формування брикету, який найбільш ефективно працює на основі електромагнітних технологій.

2. Запропоновано структуру побудови електромагнітної технології (ЕМТ)з застосуванням надзвичайно високої частоти (НВЧ) виготовлення паливних брикетів з рослинних та деревних відходів на основі зв'язуючого із поліетилену.

3. Встановлено, що доцільним вважається сушіння, при якій швидкість просування вологи з внутрішніх шарів наближається до швидкості її випаровування з поверхні деревини. Таким чином, основним параметром, що визначає тривалість сушіння, є волого провідність. В досягненні інтенсивного руху вологи усередині матеріалу (з центральної зони до його поверхні) є актуальними для отримання високих техніко-економічних показників процесу сушіння.

4. Автоматизація запропонованої технології дозволяє забезпечити високий коефіцієнт завантаження устаткування та зниження собівартості продукції. Тривалість мікрохвильовій сушки деревини зменшується більш ніж у 10 разів порівняно з традиційною обробкою.

5. Техніко-економічні розрахунки показують, що капітальні вкладення при застосуванні гнучкої потокової біотехнології залежно від кількості модулів збільшуються всього на 5–7 % від загальної вартості об'єкта, а пропускна спроможність при цьому підвищується на 50–70 %.

6. Доведено, що не тільки технічні, а й економічні переваги гнучких поточкових технологій очевидні.

Список використаних джерел

1. Шегельман І.Р., Васильєв А.С Аналіз шляхів підвищення конкурентоспроможності енергетичної біомаси // Інженерний вісник. 2013. Т. 26, No 3 (26). С. 22-29. [Shegelman I.R., Vasiliev A.S. Analysis of ways to enhance the competitiveness of energy biomass. Engineering messenger Don 2013. V. 26 2012. Vol.4, P.49-54.
2. Пат. 117937 Україна, МПК С10L 5/40. Гнучка технологічна лінія для виготовлення паливних брикетів/ Дьяконов О. В., Д'яконов В. І., Полянський О.С., Горобець В.М. Коваленко О. І.; Заявник і патентовласник Харківський нац. ун-т міського господарства імені О.М. Бекетова,— №201701568; заявл. 20.02.2017; опубл. 10.07.2017, Бюл. № 13. с.6 .

3. Sotannde O.A., Oluyege A.O., Abah G.B. Physical and combustion properties of briquettes from sawdust of *Azadirachta indica* // *Journal of Forestry research*. 2010. N 21 (1). P. 63 - 67.
4. Tarasov D., Shahi Ch., Leitch M. Effect of additives on wood pellet physical and thermal characteristics: Review // *ISRN Forestry*. Vol. 2013, Article ID 876939, 6 p. [Electronic resource] <http://dx.doi.org/10.1155/2013/876939>.
5. Donghui Lu, Tabil Lope G., Wang D., Wang G. Experimental trials to make wheat straw pellets with wood residue and binders // *Biomass and Bioenergy*. 2014. Vol. 69. P. 287-296.
6. Chuen-Shii Chou, Sheau-Horng Lin, Wen-Chung Lu Preparation and characterization of solid biomass fuel made rice straw and rice bran // *Fuel Processing Technology*. 2009. Vol. 90. P. 980-987.
7. Mustelier N.L., Almeida M.E., Cavalheiro J., et.al. Evaluation of pellets produced with undergrowth to be used as biofuels // *Waste Biomass Valor*. 2012. Vol. 3. P. 285-294.
8. Pat. WO 2011062488 A1 IPC C10L5 / 44 Fuels pellets, their preparation and use / Meneva B.V., Renirie J.G., Van Der Meijden J. A. A., Van Soest J. J.G., Plijter J.J. ; publ. 26.05.2011.
9. Пат. РФ 2378325 (C2) МПК C10L5 / 10; C10L5 / 12; C10L5 / 14 Паливний брикет / І.М. Мазурін, Б.П. Пономаренко; заявл. 27.08.2009; опубл. 10.01.2010. [Pat. RU 2378325 (C2) IPC S10L5/10; S10L5 / 12; S10L5 / 14 Fuel briquettes / Mazurin I.M., Ponomarenko B.P. ; appl. 27.08.2009; publ. 10.01.2010.
10. Stelte, Wolfgang. Pelletizing properties of torrefied spruce / Wolfgang Stelte [et. al.] // *Biomass and Bioenergy*. 2011. No 35. P. 4690-4698.
11. Веприкова Е.В., Чунарев Е.Н., Щипко М.Л., Чесноков Н.В., Кузнецов Б.Н. Исследование связующих свойств автогидролизованной древесины осины // *Химия растительного сырья* 2012. No 4. С.49-54. [Veprikova E.V., Chunarev E.N., Shchipko M.L., Chesnokov N.V., Kuznetsov B.N. Investigation of binding properties of autohydrolyzed aspen wood // *Chemistry of plant raw materials* 2012. Vol.4, P. 49-54.
12. Gosselink, Richard J.A. Effect of periodate on lignin of wood adhesive application / J.A. Richard Gosselink et. al. // *Holzforschung* 2011, Vol. 65 (2), P. 155-162.
13. Євдокимов Н.В., Александров А.В. Розробка технології брикетування деревних відходів з використанням сполучною композиції на основі механоактивованого гідролізного лігніну // *Актуальні напрями наукових досліджень XXI століття: теорія і практика*. [Evdokimov N.V., Aleksandrov A.V. Development of technology for briquetting wood waste using the binder composition on the basis of mechanically hydrolytic lignin. Actual research directions of the XXI century: Theory and Practice 2014 року, No 2 - 3 (7-3). P. 65-68.
14. Pat. US 20130031830 (A1) IPC C10L11 / 06; C10L5 / 04 Method for producing binders and combustible composite materials and composition produced therefrom / Philip H. Steel, Venkata K. Penmetsa; publ. 07.02.2013.

15. Kuznetsov B.N., Sudakova I.G., Celzard A., Garyntseva N.V., Ivanchenko N.M., Petrov A.V. Binding properties of lignins obtained at oxidative delignification of wood and straw //Journal of Siberian Federal University. Chemistry. 2011. Vol. 1 (4). P.3-10.
16. Кузнецов Б.Н., Чесноков Н.В., Гаринцева Н.В., Яценкова О.В. Интегрированная каталитическая переработка древесины осики в жидкие и твердые биопалива //Журнал СФУ. Химия. 2013. No 3 (6). С. 286-298. [Kuznetsov B.N., Chesnokov N.V., Garyntseva N.V., Yatsenkova O.V. Integrated catalytic processing of aspen wood into liquid and solid biofuels // Journal of Siberian Federal University. Chemistry. 2013. No 3 (6). P. 286-298.
17. Pat. US 20110319504 (A1) IPC C08G63 / 49; C10M105 / 34; C10L1 / 188; C09D11 / 02; A61K8 / 92; C09K3 / 00; C07C67 / 02; C09D191 / 00 Method for the manufacture of oligo- and polyesters from a mixture of carboxylic acid obtained from suberin and / or cutin and use thereof / S. Koskimies, J. Hulkko, P. Pitkänen, N. Heiskanen, J. Yli-Kauhaluoma, K. Wähälä .; publ. 29.12.2011.
Gil Luis Cork composites: A Review / Materials 2009 Vol.2, P. 776-789.
18. Судакова И.Г., Гаринцева Н.В., Иванов И.П. та ін. Виділення і застосування суберіна з берести кори берези // Журнал Сибірського федерального університету. Хімія. 2012 No 2 (5). С. 168-177 [Sudakova I.G., Garyntseva N.V., Ivanov I.P., et al. Isolation and application of suberin of the outer layer birch bark // Journal of Siberian Federal University. Chemistry. 2012. No 2 (5). P. 168-177
19. Пат. РФ 2507241 (С2) МПК С10L5 / 00; С10L5 / 14; С10L5 / 36; С10L5 / 44 Брикет на основі спресованого лігноцелюлозної тіла, просоченого рідким паливом / Фуасак Г., Пліон П., Фіше В., Табі Ф .; опубл. 20.02.2014. [Pat. RU 2507241 (С2) IPC S10L5 / 00; S10L5 / 14; S10L5 /36; S10L5 / 44 Briquette on the basis of compacted lignocellulosic body impregnated with liquid fuel./ Fuasak G. Plion P., Fische V., Taba F.; appl. 20.12.2010; publ. 02.20.2014.

Аннотация

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА И АНАЛИЗ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СУЩЕСТВУЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ ПЕРЕРАБОТКИ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОТХОДОВ В ТОПЛИВНЫЕ БРИКЕТЫ

Полянский А. С., Дьяконов В. И, Дьяконов А. В.

Установлено, что существующие технологии производства топливных брикетов энергозатратны и используют до 60% энергии на сушку и брикетирование биомассы. Изготовленные брикеты гигроскопичны с малой теплоспособностью и прочностью. Выполнена классификация технологических процессов брикетирования биомассы ведущих мировых фирм. Использование экологически безопасных связующих дает возможность повысить основные характеристики теплоспособности, прочности, гигроскопичности и экономичности изготовления топливных брикетов.

Ключевые слова: топливные брикеты, растительные и древесные отходы, технология изготовления.

Abstract

COMPREHENSIVE EVALUATION AND ANALYSIS OF ENERGY INDICATORS OF EXISTING TECHNOLOGIES FOR THE PROCESSING OF PLANT WASTE IN FUEL BRIQUETTES

O. Polyansky, V. Diakonov, O. Diakonov

It is established that existing technologies of production of fuel briquettes are energy-consuming and use up to 60% energy for drying and biomass briquetting. Hygroscopic briquettes with low thermal conductivity and durability are manufactured. The classification of technological processes of biomass briquetting of leading world firms is carried out. It should be noted that the use of environmentally friendly couplings makes it possible to increase the basic characteristics of heat capacity, durability, hygroscopicity and cost effectiveness of production of fuel briquettes.

Keywords: *fuel briquettes, vegetable and wood waste, manufacturing technology.*

УДК 629.4.053

УМОВИ ПРАЦІ МАШИНІСТА ЕЛЕКТРОПОЇЗДУ МЕТРОПОЛІТЕНУ ЯК ФАКТОР ЙОГО ПСИХОФІЗІОЛОГІЧНОГО СТАНУ І БЕЗПЕКИ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

Д'яконов В. І., к.т.н., доц., Переверзева Л. М., ст. викл.

Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка

Серіков Я. О., к.т.н., доц., Чернявський А. В., маг.

Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова

Проведемо аналіз основних виробничих факторів, що формують умови праці машиніста. Визначено, що зміна психофізіологічного стану при роботі машиніста електропоїзду призводить до хронічної втоми, перенапруження, прискорення темпів біологічного старіння, розвитку захворювань серцево-судинної системи тощо. Для зменшення впливу негативних факторів на психофізіологічний стан працюючого на посаді машиніста електропоїзду метрополітену необхідне зниження рівня впливу цих факторів шляхом удосконалення рухомого складу не тільки в плані збільшення потужності, а й зміни в управлінні охороною праці на підприємстві шляхом введення додаткових нормативних актів.

Ключові слова: *група ризику, психофізіологічний стан, коефіцієнт засліпленості.*

Вступ. Праця машиніста електропоїзду метрополітену характеризується високим психофізіологічним навантаженням на протязі зміни, що визначається

відповідальністю за безпеку пасажирів, умовами праці, необхідністю швидко приймати рішення, складним режимом праці й відпочинку. Поїзд метрополітену рухається на великій швидкості, машиніст повинен вести поїзд точно відповідно до графіка, уважно стежити за дорожніми знаками, показаннями приладів в кабіні, обстановкою на шляху. Крім того, він одночасно повинен дотримуватися положень більше, ніж 50 інструкцій. В результаті цього характерним є те, що у професії машиніста метрополітену його вік і психофізіологічні характеристики мають одне з вирішальних значень. У зв'язку з цим, робота машиніста метрополітену віднесена до Переліку робіт, що характеризуються підвищеною небезпекою (НПАОП 0.00-4.12-2005).

Аналіз останніх досягнень і публікацій. Аналіз статистичних даних показує, що в результаті таких умов праці формуються наступні характерні групи ризику цієї групи працюючих:

Група ризику по засипанню за контролером поїзда.

Група з високим ризиком серцево-судинних ускладнень.

Група ризику по ненадійності заступництва.

Слід також відзначити, що демографічний склад цієї групи працюючих омолоджується, а в результаті високого рівня напруженості праці група машиністів передпенсійного віку (51 - 55 років) постійно скорочується. Причина в тому, що близько 20% з них страждають хронічними серцево-судинними захворюваннями, а отже входять до групи ризику з високою ймовірністю виникнення серцево-судинних ускладнень.

Наявні дослідження фізичного і психофізіологічного стану машиністів метрополітену, в основному спрямовані на виявлення його зміни під впливом психофізіологічних факторів. Але, для всебічного аналізу необхідно робити оцінку комплексного впливу факторів виробничого середовища – як психофізіологічних, так і фізичних та хімічних.

У зв'язку з цим проведемо аналіз основних виробничих факторів, що формують умови праці машиніста, які, при умові їх недопустимих значень, можуть негативно впливати на його психофізіологічний стан.

Дослідження показують, що рівень освітленості робочої зони впливає не тільки зорове сприйняття людини, а й на психічні функції і фізіологічні процеси в організмі людини. Якісне освітлення надає тонізуючу дію, стимулює активність, попереджає розвиток стомлення, підвищує її працездатність. Недостатній рівень освітлення чи сліпучі джерела світла, різкі тіні від обладнання та інших предметів притупляють увагу, викликають погіршення або втрату орієнтації працюючого, що може бути причиною травматизму. Встановлено, що незадовільне освітлення є причиною приблизно 5% нещасних випадків на виробництві.

При цьому, неправильно організований світловий потік на робочих місцях і в робочій зоні не тільки стомлює зір, але і викликає стомлення всього організму людини в цілому. При недостатньому рівні освітлення скорочується час ясного бачення \square час, протягом якого очі людини зберігають здатність розрізняти даний об'єкт. У зв'язку з цим, до освітлення робочих місць висуваються вагомі вимоги.

Так як в професії машиніста електропоїзду метрополітену, робочим місцем є кабіна управління, то розглянемо вимоги, які висуваються до неї:

- кабіна машиніста повинна бути обладнана системою освітлення, що живиться змінним струмом напругою не вище 42 В, а при живленні постійним струмом від напруги не вище 110 В. В кабіні повинні бути передбачені розетки для підключення переносних світильників;
- робоче освітлення в кабіні управління повинне бути виконано світильниками загального освітлення з лампами розжарювання;
- робоче освітлення повинне мати два режими: - «яскраве світло»; - «тьмяне світло». При включенні режиму «яскраве світло» на пульті управління кабіни має бути забезпечена освітленість в межах 20 - 60 лк, при нерівномірності освітленості (відношення максимальної освітленості до мінімальної) 2 : 1, а режимі «тьмяне світло» - (10-15) % освітленості від фактичного максимального її значення в режимі «яскраве світло». Передбачене також аварійне освітлення з рівнем 3 лк;
- при проектуванні освітлення кабіни управління коефіцієнт запасу приймається рівним 1,3. При цьому враховується, що періодичність очищення світильників не менше, ніж два рази на рік;
- пристрої місцевого освітлення контрольно-вимірювальних приладів на пульті управління повинні забезпечувати можливість плавного регулювання яскравості шкал з білим полем в діапазоні від мінімальних значень (не більше 0,6 кд / м), до максимальних (не менше 2 кд / м), але не більше 5 кд / м. При цьому нерівномірність освітлення шкал не повинна перевищувати 3 : 1.

Важливе значення для безпеки праці має процес зорової адаптації, тобто пристосування до умов, що змінюються рівнями освітленості. Світлова адаптація при переході від меншої до більшої яскравості відбувається досить швидко - протягом декількох хвилин, пристосування до більш низьких рівнів освітленості (т. зв. «темнова адаптація») відбувається значно повільніше - протягом 30 хвилин і більше. В процесі адаптації розширюється або звужується зіниця, тому часті переходи від одних рівнів освітленості до інших призводять до розвитку зорового стомлення.

Зайва яскравість викликає тимчасове осліплення. Нерівномірне освітлення, що вимагає частоті переадаптації очей, може привести до професійних захворювань.

Отже, робоча зона машиніста повинна також відповідати критеріям коефіцієнта пульсації освітленості, показнику дискомфорту, засліпленості та адаптації.

Дані показники розраховуються за формулами:

$$K_{\Pi} = (E_{\text{макс}} - E_{\text{мін}}) / 2 \cdot E_{\text{ср}} \cdot 100, \quad (1)$$

де $E_{\text{макс}}$ і $E_{\text{мін}}$ - відповідно максимальне і мінімальне значення освітленості за період його коливання, лк;

$E_{\text{ср}}$ - середнє значення освітленості за цей же період, лк.

показник дискомфорту:

$$M = (L_c \cdot \omega \cdot 0,5) / (\varphi_\theta \cdot L_{ад} \cdot 0,5), \quad (2)$$

де L_c - яскравість джерела блиску, кд/м²;
 ω - кутовий розмір джерела блиску, стер;
 φ_θ - індекс позиції джерела блиску відносно лінії зору;
 $L_{ад}$ - яскравість адаптації, кд/м² показник засліпленості:

$$P = (S - 1) 1000, \quad (3)$$

де S - коефіцієнт засліпленості, що дорівнює відношенню порогових різниць яскравості за наявності і відсутності сліпучих джерел в полі зору.

Не менш важливим є негативний вплив на організм людини вібрації, яка присутня на робочому місці машиніста метрополітену.

Підвищений рівень вібрації шкідливо впливає на відділи центральної нервової системи, шлунково-кишковий тракт і вестибулярний апарат організму людини. Дія цього негативного фактору може призводити до розвитку професійних захворювань, основною з яких є вібраційна хвороба. Вона супроводжується запамороченням, онімінням нижніх кінцівок і втратою орієнтації в просторі, зниженням температурної і больової чутливості.

Підвищена чи знижена температура повітря робочої зони, його санітарно-гігієнічний стан, недостатня вентиляція робочої зони машиніста метрополітену також негативно впливають як на фізичний, психофізіологічний стан машиніста, а отже і безпеку руху в цілому. Отже, при організації умов праці машиніста необхідно враховувати і встановлені відповідними документами параметри мікроклімату робочої зони.

Ще один фактор це фізичні перевантаження, що пов'язані з рухом потягу метрополітену – монотонія як стан зниженої активності, що виявляється в сонливості, зниженні загального рівня активності, зменшенні працездатності. Цей стан виникає в результаті рівномірного покачуванні вагону.

Іншим негативним впливом є неопосередковані фактори умов праці, які викликані специфікою роботи, в частковості її графіком. Машиніст працює 36 годин на тиждень, за нормою - до 6 годин в день. При цьому доба розбита на три зміни і машиніст може працювати як в першу, так другу чи третю зміну в різні робочі дні. Це в свою чергу викликає дисбаланс функцій організму, пов'язаним з навантаженням на його циркадні ритми, необхідністю пристосовуватися до зміни часу роботи протягом доби.

До перелічених вище негативних факторів слід додати гіподинамію, монотонність праці, а також психологічний фактор усвідомлення тривалого перебування в підземних умовах що, мають свої особливості мікроклімату.

Висновки. Отже, зміна психофізіологічного стану при роботі машиніста електропоїзду призводить до хронічної втоми, перенапруження, прискорення темпів біологічного старіння, розвитку захворювань серцево-судинної системи тощо. Для зменшення впливу негативних факторів на психофізіологічний стан працюючого на посаді машиніста електропоїзду метрополітену необхідне зниження рівня впливу цих факторів шляхом удосконалення рухомого складу не тільки в плані збільшення потужності, а й зміни в управлінні охороною праці на

підприємстві шляхом введення додаткових нормативних актів. Такі акти повинні враховувати особливості як безпосередньо процесу праці, вимоги до організації робочого місця машиніста, так і режим праці й відпочинку, збереження здоров'я цієї категорії працюючих. Необхідно також проводити відбір кадрів не тільки шляхом тестування на навчально-професійному рівні та медичній відповідності, а й з урахуванням психофізіологічної стійкості до умов праці. Таке тестування можливо, наприклад, виконувати при впровадженні імітаційного тренажера, який застосовується в авіаційній галузі.

Список використаних джерел

1. Серіков Я., Коженевські Л. Безпека життєдіяльності – Секьюритологія / Підручник для студентів ВНЗ. Харків : ІОЦ ХНАМГ, 2014. – 380 с.
2. Абдуєва Ф.М., Афанасьєв М.В. та ін. Железнодорожная медицина – Харьков: 2006.
3. Серіков Я. О. Основи охорони праці / Навч. посіб. для студентів ВНЗ. Харків : ХНАМГ, 2007. – 247 с.
4. Серіков Я. О. Промислова безпека та соціальний захист працівників виробничих підприємств, компаній і корпорацій. Харків : ХНУМГ - ШЕЛЛ, 2015. – 247 с.
5. Серіков Я. О. Виробниче освітлення як фактор забезпечення промислової безпеки / VI Міжнар. конф. «Сучасні проблеми світлотехніки» ХНУМГ, 2017. С.122-124.

Аннотація

УСЛОВИЯ ТРУДА МАШИНИСТА ЭЛЕКТРОПОЕЗДА МЕТРОПОЛИТЕНА КАК ФАКТОР ЕГО ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ И БЕЗОПАСНОСТИ ПЕРЕВОЗОК

Дьяконов В. И., Переверзева Л. Н, Сериков Я. А., Чернявский А. В.

Проведем анализ основных производственных факторов, формирующих условия труда машиниста. Определено, что изменение психофизиологического состояния при работе машиниста электропоезда приводит к хронической усталости, перенапряжения, ускорения темпов биологического старения, развития заболеваний сердечно-сосудистой системы и других. Для уменьшения влияния негативных факторов на психофизиологическое состояние работающего в должности машиниста электропоезда метрополитена необходимо снижение уровня воздействия этих факторов путем совершенствования подвижного состава не только в плане увеличения мощности, но и изменения в управлении охраной труда на предприятии путем введения дополнительных нормативных актов.

Ключевые слова: группа риска, психофизиологическое состояние, коэффициент ослепленности.

Abstract

CONDITIONS OF LABOR OF THE MACHINES OF THE METROPOLITAN ELECTRIC BAR AS A FACTOR OF ITS PSYCHO-PHYSIOLOGICAL CONDITION AND TRANSPORT SAFETY

V. Dyakonov, L. Pereverzeva, Y. Serikov, A. Chernyavsky

The analysis of the main production factors forming the working conditions of the machinist is carried out. It is determined that the change in the psycho-physiological state during the work of the electric train driver leads to chronic fatigue, strain, acceleration of the rate of biological aging, development of diseases of the cardiovascular system, etc. In order to reduce the influence of negative factors on the psycho-physiological state of the underground electric train driver, it is necessary to reduce the level of influence of these factors by improving the rolling stock not only in terms of capacity increase, but also changes in the management of labor protection in the enterprise by introducing additional regulations.

Key words: risk group, psychophysiological state, coefficient of blindness.

УДК 614.8.01

ДОСЛІДЖЕННЯ СТАНУ І РОЗРОБКА МЕТОДОЛОГІЇ ЗНИЖЕННЯ РІВНЯ ВИРОБНИЧОГО ТРАВМАТИЗМУ В ГАЛУЗІ ЖИТЛОВО-КОМУНАЛЬНОГО ГОСПОДАРСТВА УКРАЇНИ

Д'яконов В. І., к.т.н., доц., Кірієнко М. М., к.т.н., доц.

Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка

Серіков Я. О., к.т.н., доц.

Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова

Встановлено, що на кількість нещасних випадків, пов'язаних з виробництвом, впливають різноманітні фактори, які розділяються у своїй основі на наступні групи: соціальні; виробничі; біологічні; психофізіологічні.

Ключові слова: нещасний випадок, рівень виробничого травматизму, смертельний випадок.

Кількість людей, які страждають від нещасних випадків щорічно, складає більше, ніж 10 млн. осіб. При цьому близько півмільйона з них гине. І на дійсний відрізок часу смертність від нещасних випадків займає третє місце після серцево-судинних і онкологічних захворювань. Загальна кількість нещасних випадків на виробництві в світі складає 250 млн. чоловік щорічно, з них приблизно 220 тис. гине. На додаток до соціального значення, ця характеристика виробничої діяльності підприємств негативно впливає і на економіку підприємств, країни. За відносною

кількістю нещасних випадків на виробництві (на 1000 працюючих) Україна займає провідне місце серед економічно розвинених країн. В Україні цей показник дорівнює - 0,104. При цьому, наприклад, у Великобританії цей показник складає величину - 0,016, в Японії - 0,02, в Швеції - 0,032, в Фінляндії - 0,038, у ФРН - 0,08.

Об'єктивною причиною зростання рівня виробничого травматизму є активізація технічного прогресу, яке супроводжується техногенними аваріями та ростом кількості нещасних випадків. Внаслідок цього, за статистичними даними МОП, число нещасних випадків на виробництві в світі неухильно зростає і становить на даний час приблизно 685 тис. виробничих травм в день.

Об'єктивним є те, що рівень травматизму і профзахворювань значно вище в країнах, що розвиваються, ніж у промислово, економічно розвинених державах. Так, в країнах Європейського Союзу щорічно жертвами нещасних випадків і профзахворювань стають близько 10 млн. осіб, з них майже 8 тисяч гинуть. В Україні щодня на виробництві травмуються в середньому 140 - 180 осіб, з них 20 стають інвалідами, а 3-4 гинуть. Рівень виробничого травматизму в деяких країнах Європи наведений в таблиці 1.

Таблиця 1 – Відносна загальна кількість смертельних випадків на виробництві на 1000 працюючих ($K_{cm}1000$) в деяких країнах Європи

№ з / п	Країна	$K_{cm} 1000$	№ з / п	Країна	$K_{cm} 1000$
1	Великобританія	0,010	6	Польща	0,067
2	Франція	0,016	7	Австрія	0,061
3	Норвегія	0,020	8	Беларусь	0,089
4	Данія	0,028	9	Україна	0,117
5	Венгрія	0,056	10	Росія	0,134

Динаміка зміни рівня виробничого травматизму в Україні і зарубіжних країнах з розвинутою економікою за 2002 – 2014 рр., з урахуванням рівня ризику, представлена на рисунку 1.



Рис.1 – Динаміка зміни виробничого травматизму в Україні і зарубіжних країнах з розвинутою економікою за 2002 – 2014 рр. з урахуванням рівня ризику

Таблиця 2 – Стан виробничого травматизму в Україні за галузями*

Галузь нагляду	Оперативні дані по роках					
	2013	2012	2011	2010	2009	2008
Вугільна та торф'яна	<u>3649</u> 101	<u>5251</u> 151	<u>5873</u> 174	<u>6569</u> 268	<u>6749</u> 168	<u>7778</u> 156
Гірничорудна та нерудна	<u>250</u> 10	<u>362</u> 30	<u>487</u> 41	<u>539</u> 40	<u>556</u> 26	<u>567</u> 39
Нафтогазовидобувна та геологорозвідка	<u>15</u> 2	<u>33</u> 7	<u>41</u> 8	<u>43</u> 10	<u>53</u> 5	<u>74</u> 15
Енергетика	<u>127</u> 21	<u>242</u> 30	<u>302</u> 38	<u>335</u> 36	<u>353</u> 38	<u>376</u> 32
Будівництво	<u>336</u> 54	<u>583</u> 82	<u>1108</u> 157	<u>1259</u> 156	<u>1176</u> 152	<u>1214</u> 130
Котлонагляд і підйомні споруди	<u>23</u> 8	<u>52</u> 9	<u>70</u> 26	<u>73</u> 28	<u>111</u> 31	<u>88</u> 35
Машинобудівна	<u>707</u> 27	<u>939</u> 19	<u>1700</u> 52	<u>2054</u> 48	<u>2026</u> 61	<u>2353</u> 67
Металургійна	<u>455</u> 20	<u>619</u> 21	<u>909</u> 30	<u>966</u> 48	<u>1098</u> 42	<u>1028</u> 45
Хімічна	<u>180</u> 17	<u>220</u> 15	<u>339</u> 16	<u>354</u> 28	<u>459</u> 20	<u>448</u> 28
Транспорт, шляхбуд	<u>418</u> 51	<u>623</u> 67	<u>821</u> 117	<u>840</u> 108	<u>901</u> 99	<u>954</u> 101
Пошта, зв'язок	<u>62</u> 1	<u>85</u> 6	<u>134</u> 12	<u>164</u> 18	<u>161</u> 19	<u>164</u> 20
Газопостачання та газоспоживання	<u>38</u> 2	<u>90</u> 11	<u>103</u> 31	<u>107</u> 4	<u>115</u> 14	<u>95</u> 6
Житлово-комунальне господарство	<u>217</u> 13	<u>256</u> 14	<u>409</u> 32	<u>370</u> 37	<u>402</u> 36	<u>456</u> 35
Агропромисловий комплекс	<u>795</u> 78	<u>1238</u> 112	<u>1704</u> 144	<u>2165</u> 188	<u>2479</u> 197	<u>2908</u> 237
Виробництво деревини	<u>82</u> 7	<u>140</u> 9	<u>196</u> 9	<u>222</u> 9	<u>308</u> 15	<u>578</u> 4
Текстильна та легка промисловість	<u>26</u> 3	<u>51</u> 1	<u>96</u> 4	<u>95</u> 5		
Соціально-культурна сфера та торгівля	<u>1149</u> 73	<u>1586</u> 91	<u>1919</u> 122	<u>2039</u> 150	<u>2045</u> 154	<u>1736</u> 138
РАЗОМ	<u>8529</u> 488	<u>12370</u> 675	<u>16211</u> 1013	<u>18194</u> 1181	<u>18992</u> 1077	<u>20817</u> 1088

*В чисельнику – загальна кількість, в знаменнику – в тому числі нещасні випадки зі смертельним наслідком

У зв'язку зі складним економічним становищем, на даний час у регіонах України стан умов праці поліпшується незначно, а виробничий травматизм залишається на високому рівні. Так, найбільша кількість випадків травмування припадає на такі сфери як вугільна, машинобудівна, будівельна, агропромисловий комплекс, житлово-комунальне господарство і невиробнича сфера.

В Україні тенденція до поліпшення становища в галузі охорони праці на виробництві намітилася починаючи з 2003 р. Це явилось наслідком того, що у цих галузях постраждало близько 12,3 тис. осіб, або 76% усієї кількості травмованих в Україні. Стан виробничого травматизму в Україні за галузями нагляду наведений у таблиці 2. Вперше в програмі діяльності уряду, разом з загальними напрямками покращення охорони праці, питання промислової безпеки було виділено окремим блоком. Визначеність пріоритетів державного нагляду за охороною праці, виконання вказаних заходів, їх реалізація дозволили за умови зростання обсягів виробництва на 15,8% зменшити рівень загального травматизму на 5%, а травматизму з летальним результатом - на 4,5%. В результаті цього: на 50 випадків зменшився травматизм зі смертельними наслідками в вугільній області, на 37 випадків в агропромисловому комплексі, на 21 випадок в машинобудівній промисловості, на 20 випадків в житлово-комунальному господарстві. Успішний розвиток і функціонування будь-якого підприємства вимагають постійного і всебічного економічного аналізу його діяльності. При цьому важливим є ефективне використання виробничого й науково-технічного потенціалу підприємства, його матеріальних і трудових ресурсів. Нещасні випадки, текучість робочої сили можуть заподіяти підприємству значні втрати. В цьому аспекті умови праці, реалізовані рішення з охорони та безпеки праці є одним з важливих факторів, що безпосередньо впливають як на соціальні, так і на економічні показники діяльності кожного підприємства. Отже, дослідження стану виробничого травматизму, в тому числі в галузі житлово-комунального господарства України, є актуальним завданням. Це посилюється і тим, що питання важливості, складності вирішення питань охорони праці в житлово-комунальному господарстві обумовлені, з одного боку, різноманітністю використовуваних технологічних процесів, типів машин і устаткування, споруд, а з іншого - широким спектром впливаючих факторів, небезпечних і шкідливих для здоров'я людини. Ці фактори включають, наприклад, такі, підвищений рівень напруги, що характерно для обладнання електропостачання житлових будинків і підприємств ЖКГ, міського електричного транспорту, інших об'єктів, що входять до структури житлово-комунального господарства, підвищений рівень статичної електрики, загазованість колодязів, камер і колекторів мереж водопровідно-каналізаційного господарства, хімічні та біологічні шкідливі фактори при очищенні питної води, стічної рідини та інші.

На підприємствах України, як і в інших країнах СНД, в останнє десятиріччя зниження витрат, зростання ефективності й продуктивності праці були поставлені на чолі основних пріоритетів розвитку економіки. Одночасно питання охорони і безпеки праці були віднесені на другий план. Як результат

подібного відношення до організації процесу праці з'явилися високий рівень виробничого травматизму і професійних захворювань, аварій на підприємствах. Наслідком цього виявилось зростання економічних побічних витрат.

Високий рівень виробничого травматизму пояснюється наступними основними причинами: складною соціально-економічною ситуацією в країні, зміною характеру виробничих відносин між підприємствами й усередині підприємств, сформованою системою керування охороною праці на не достатньому рівні, зношуванням основних фондів підприємств, недостатньою відповідністю більшості з наявного устаткування вимогам безпеки виробничих процесів.

Крім цього, на кількість нещасних випадків, пов'язаних з виробництвом, впливають різноманітні фактори, які розділяються у своїй основі на наступні групи, соціальні, виробничі, біологічні, психофізіологічні.

Як показують результати досліджень, у більшості випадків травми на виробництві мають не одну, а кілька причин. У середньому, на кожен випадок травми доводиться 2-3 причини. Причому, як показує статистика, більшість причин виробничих травм (92,9%) носять організаційний характер.

Ранжирування основних причин виробничого травматизму дало змогу розташувати їх, залежно від вагомості, наступним чином:

1. Застосування небезпечних прийомів у роботі й порушення правил безпеки.
2. Незадовільна організація праці, робочого місця.
3. Необережні дії працюючого.
4. Порушення технологічного процесу, його режимів і низька виробнича дисципліна.
5. Порушення правил дорожнього руху.
6. Низька трудова дисципліна.

При цьому, головною причиною є невиконання посадовими особами вимог по створенню працівникам безпечних умов праці.

Аналізуючи обставини конкретного нещасного випадку можна зробити висновок, що крім зношеного виробничого устаткування й інструментів причинами нещасного випадку часто є відсутність елементарних професійних навичок і недосвідченість, незнання нормативних документів і посадових інструкцій, а також невідповідність як керівників, так і працівників.

Реалізація ефективного управління охороною праці в галузі ЖКГ потребує якісно нових підходів, які зможуть забезпечити не тільки високу якість послуг ЖКГ, але і дотриманням необхідних норм і правил з охорони праці, що забезпечить збереження здоров'я працюючих і дасть змогу власнику знизити економічні витрати на компенсацію втрати здоров'я робітників при їх травмуванні.

Для попередження травмонебезпечних ситуацій і планування відповідних профілактичних заходів з охорони праці на підприємствах ЖКГ рекомендується застосовувати методи діагностики й прогнозування стану виробничого травматизму на базі системного аналізу. Прогноз дозволяє виявити наступні основні напрямки запобігання травматизму:

1 - удосконалення організації проведення робіт на підприємстві;

2 - створення безпечних умов праці. Основою реалізації цього напрямку є впровадження технічних заходів забезпечення охорони і безпеки праці.

Заходи, спрямовані на зниження рівня травматизму на підприємствах житлово-комунального господарства повинні бути засновані на таких принципах: обов'язкове виконання норм і вимог інструкцій з охорони праці на робочих місцях і на окремі види робіт, виявлення причин нещасних випадків і професійних захворювань, застосування надійних засобів забезпечення безпеки й нешкідливості виробничих процесів.

При чому, проведення аналізу виробничого травматизму повинно базуватися на системному підході. При такому підході аналізу підлягає весь комплекс взаємозв'язків між обставинами, показниками травматизму, причинами нещасних випадків і заходами щодо їхньої профілактики.

В цьому напрямку, з метою інформаційного аналізу виробничого травматизму на підприємствах ЖКГ, є об'єктивним і реальним використання наступних класифікацій: за наявності навчання й інструктажів з охорони праці, за датою (день, місяць, рік) і часом (години, хвилини), коли стався нещасний випадок, за галуззю економічної діяльності комунального підприємства й формою власності підприємства, за видами устаткування й видам робіт, при виконанні яких стався нещасний випадок, за місцем і видом події, з причин події, що призвела до травматизму, за видами нещасних випадків і видами травм, за результатами й видами заходів, спрямованих на запобігання нещасних випадків, за угрупованням даних про потерпілого.

При цьому, проведення всебічного і якісного аналізу причин і факторів виробничого травматизму з застосуванням розробленого спеціалізованого комп'ютерного автоматизованого системного програмного забезпечення дасть змогу одержання достовірних висновків для визначення переліку необхідних організаційних і технічних заходів щодо профілактики нещасних випадків.

Дослідження причин основних причин виробничого травматизму дало змогу ранжувати їх залежно від вагомості у формуванні причин, що призвели до реалізації травмонезбезпечної ситуації, таким чином:

1. Застосування небезпечних прийомів при виконанні робіт, порушення правил безпеки праці - 15,4%;
2. Незадовільна організація праці, робочого місця - 9,7%;
3. Необережні дії потерпілого - 7,9%;
4. Порушення безпеки технологічного процесу й низька виробнича дисципліна - 7,3%;
5. Порушення правил дорожнього руху - 5,7%;
6. Низька трудова дисципліна - 4,6%.

Статистичні дані свідчать, що 50,6% всіх виробничих травм походить від цих шести причин. Причому, слід зазначити, що розробка й реалізація заходів щодо їхнього усунення не вимагає значних матеріальних витрат.

Перша причина формування обставин, що призвели до реалізації травмонезбезпечної ситуації викликається незнанням організаційних заходів з

охорони праці, безпечних прийомів виконання робіт, або умовами, які змушують діяти працюючого неправильно.

Друга причина формування обставин, що призвели до реалізації травмонебезпечної ситуації, в основному, полягає у недодержанні встановлених правил, наприклад, з організації робочого місця, в особливості при виконанні робіт підвищеної небезпеки (роботи в колодязях, зварювальні роботи тощо).

Третя причина формування обставин, що призвели до реалізації травмонебезпечної ситуації, може бути пов'язана як із психологією, особистістю самого працюючого, його станом здоров'я, так і з умовами, за яких стався нещасний випадок.

Четверта причина викликається як незадовільним знанням працюючим правил безпечного виконання операцій технологічного процесу, так і умовами праці, які сприяють цьому порушенню.

П'ята причина – порушення правил дорожнього руху може бути викликана як незнанням, недотриманням встановлених заходів при виконанні робіт (наприклад, при проведенні робіт в зоні доріг), так і умовами, які сприяють цьому порушенню.

Шоста причина - низька трудова дисципліна включає соціологічні, психологічні обставини, а також залежить від організації роботи.

Наступним кроком є виявлення факторів, що служать причиною виробничого травматизму.

Статистичний аналіз дав змогу виявити наступні дані за факторами реалізації виробничого травматизму: при обслуговуванні механізмів, устаткування - 20,3%; обвали, падіння предметів - 13,54%; падіння працюючого з висоти - 13,14%; падіння працюючого на території підприємства - 11,15%; у дорожньо-транспортних пригодах - 10,75%.

Враховуючи наведений аналіз причин і факторів виробничого травматизму, а також фактори, які безпосередньо впливають на самопочуття людини, при розробці заходів, спрямованих на попередження нещасних випадків, необхідно приділяти більше уваги завданням удосконалення організації виробництва й умов праці. Це визначається тим, що якість роботи й самопочуття працюючого багато в чому залежать від умов праці. Позитивне психологічне самопочуття, настрої і сприятливі умови праці можуть збільшити рівень продуктивності праці на величину до 40% і знизити показник виробничого травматизму у кілька разів.

Наведені вище розроблені напрямки аналізу виробничого травматизму дають можливість визначити ефективний напрямок, за яким необхідно розробляти заходи щодо попередження нещасних випадків на виробництві.

Список використаних джерел

1. Серіков Я. О. Промислова безпека та соціальний захист працівників виробничих підприємств, компаній і корпорацій / Навч. посібник для студентів вищих навчальних закладів. Харків : ХНУМГ - ШЕЛЛ, 2015. 247 с.
2. Серіков Я. О. Аналіз стану професійної захворюваності в Україні

працюючих з машинами й механізмами / Матер. V Міжнар. наук.-практ. конф. «Безпека життєдіяльності людини як умова сталого розвитку сучасного суспільства» Київ : МАБЖД. 2013. С. 95 – 100.

3. Серіков Я. О. Адаптація методики оцінки і зниження ризиків на підприємстві, рекомендованої виконавчим комітетом Великобританії з охорони здоров'я і безпеки, до умов України / Матер. 15 Міжнарод. науч.-метод. конф. «Безопасность жизни и деятельности человека – образование, наука, практика», БЖДЧ-2016, Киев : 2016. С. 233 – 236.

Аннотация

ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ И РАЗРАБОТКА МЕТОДОЛОГИИ СНИЖЕНИЯ УРОВНЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА В ОБЛАСТИ ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА УКРАИНЫ

Дьяконов В. И., Кириенко Н. М., Сериков Я. А.

Установлено, что на количество несчастных случаев, связанных с производством, влияют различные факторы, которые разделяются в своей основе на следующие группы: социальные; производственные; биологические; психофизиологические.

Ключевые слова: несчастный случай, уровень производственного травматизма, смертельный случай.

Abstract

STUDY OF THE STATE AND DEVELOPMENT OF THE METHODOLOGY OF REDUCING THE LEVEL OF PRODUCTION TRAUMATISM IN THE FIELD OF HOUSING AND COMMUNAL SERVICES OF UKRAINE

V. Dyakonov, A. Dyakonov. Y. Serikov

It is established that the number of accidents related to production is influenced by various factors that are divided into basically the following groups: social; production; biological; psychophysiological.

Key words: accident, level of occupational injuries, death.

АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ЗАХИСНИХ ЕКРАНІВ ДЛЯ ЗАХИСТУ РОСЛИН ВІД ШКІДЛИВОГО ВПЛИВУ ТРАНСПОРТНОГО ЗАБРУДНЕННЯ

Кірієнко М. М., к.т.н., доц.,

Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенко

**Данова К. В., к.т.н., доц., Малишева В. В., к.т.н., доц.,
Д'яконов В. І., к.т.н., доц.**

Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова

В статті досліджується питання захисту рослин від негативного впливу факторів навколишнього середовища, таких як хімічне та акустичне забруднення, джерелом яких є транспортні засоби. Проведено аналіз ефективності захисту рослин від забруднення шляхом встановлення захисних екранів.

Ключові слова: захист рослин, хімічне та акустичне забруднення.

Постановка проблеми. Підвищення кількості транспортних засобів, що рухаються автомагістралями, призвело до того, що зелені насадження та інші корисні рослини, які ростуть поблизу автомобільних доріг, зазнають шкідливого хімічного та акустичного впливу, що потребує впровадження захисних засобів задля підвищення їх екологічності та врожайності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. За результатами проведених досліджень, що включали в себе структурний аналіз деревних насаджень 14 вулиць центральної частини м. Хмельницького, класифікацію видів за часткою їх участі та визначення санітарного стану та основних ушкоджень деревних рослин, виявлено, що захворювання, які уражають зазначені насадження (каштанова мінуюча міль, серцевинна гниль, омела біла), а також механічні ушкодження, які виникають стихійно, є результатом впливу не лише недостатнього, неякісного та несвоєчасного догляду, а й антропогенним навантаженням й загальним забрудненням середовища, де вони ростуть, в тому числі забрудненням від хімічних викидів відпрацьованих газів автотранспортних засобів [1].

У [2] відзначено, що м. Львів має складне архітектурне рішення у плануванні вулиць, що включає в себе провали в центральній частині міста, підйоми і спуски з великим кутом нахилу, густу та розгалужену мережу вулиць із значною кількістю перехресть та вузькими проїзними частинами. Зазначені фактори загострюють екологічний стан міста, оскільки призводять до зниження пропускної здатності головних магістралей та швидкості руху транспортних засобів, а викиди токсичних газів автомобілів, що експлуатуються, значно перевищують екологічні вимоги через низьку якість пального та застарілість

самих автомобілів, що є небезпечним не лише для людини, а й для оточуючого середовища. Було визначено вміст важких металів у трав'яному покриві фітоценозів, які знаходяться безпосередньо вздовж транспортної магістралі та виявлено, що найбільше перевищення спостерігається за свинцем – у 75 разів.

У [3] зазначається, що живі компоненти навколишнього середовища перебувають під постійним впливом низки факторів антропогенного походження, в тому числі шумового навантаження, оскільки, у зв'язку із поширенням процесу урбанізації та появою нових джерел шуму різноманітного походження, є важливим дослідити питання потенційних наслідків та подальшого впливу цих факторів на міські та природні екосистеми та їх компоненти. Було проведено аналіз санітарного стану зелених насаджень на досліджуваних ділянках поблизу автомагістралей та вплив на них транспортного шуму та виявлено, що шум чинить значне навантаження не лише на листвяну покрівлю дерев, а й на стан ґрунту насаджень та його ущільнення.

Мета досліджень. Аналіз негативного впливу транспортних засобів на зелені насадження та шляхів їх захисту, що дозволить не лише забезпечити комфортне існування мешканців прилеглих територій завдяки зниженню рівнів забруднення, а й захистити рослини від шкідливого впливу антропогенних факторів.

Результати дослідження. Для здійснення руху транспортних засобів залежно від конструктивних особливостей застосовується рідке чи газоподібне паливо. За рахунок того, що виробники палива для забезпечення необхідних експлуатаційних властивостей додають в нього домішки, присадки та інші додаткові компоненти, вихлопні гази містять значну кількість забруднюючих речовин та сполук, небезпечних для людей. При згорянні палива в двигуні автомобіля в повітря виділяються наступні небезпечні речовини [4]:

- оксид вуглецю CO (клас безпеки – 4);
- вуглеводні сполуки C_nH_m (у продуктах згоряння палива налічується більш ніж 150 видів);
- оксиди азоту NO_x (клас безпеки – 3);
- альдегіди (акролеїн, формальдегід та інші – клас безпеки – 2; формальдегід – клас безпеки – 2);
- сажа (клас безпеки – 3);
- з'єднання свинцю (клас безпеки – 1);
- з'єднання сірки (клас безпеки – 2);
- бенз(а)пірен (клас безпеки – 1).

Характер впливу деяких з вищезазначених речовин на зелені насадження наведено у таблиці 1 [5]. Як було зазначено вище, транспортні засоби чинять не тільки хімічне, але й акустичне забруднення навколишнього середовища. В теперішній час проблема шумового забруднення автомобільними дорогами є не менш актуальною, ніж хімічного, оскільки проведені дослідження визначають нові аспекти негативного акустичного впливу на здоров'я мешканців мегаполісів та зелених насаджень.

Таблиця 1 – Вплив небезпечних речовин, що містяться у відпрацьованих викидах, на зелені насадження

№ з/п	Найменування шкідливої речовини	Характеристика впливу
1	Діоксид сірки	Деформації, плямистості та некроз асиміляційних органів, зниження продуктивності за рахунок пригнічення фотосинтезу, погіршення метаболізму, збільшення сприйнятливості до хвороб і шкідників, прискорення старіння рослин
2	Оксид азоту	Пожовтіння або побуріння листя внаслідок перетворення хлорофілів і руйнування каротиноїдів. Азотиста кислота, що утворюється в рослинних клітинах, чинить мутагенну дію
3	Сажа	Щільно закупорює пори листя, погано змивається дощами, викликає уповільнення росту рослин
4	Свинець	Уповільнення росту та зниження врожайності
5	Оксид вуглецю	Зміни в асиміляційному апараті, більш раннє осіннє розцвічування листя і початок осіннього листопаду

Шумове забруднення, що викликається рухом транспортних засобів, може вплинути на місцеві рослини і тварин, оскільки змушують птахів і тварин перебиратися в інші екосистеми, що само по собі створює передумови вимирання рідкісних видів фауни і флори. Дослідження показують, що шумове забруднення здатне також вплинути на дрібні рослини і дерева, що залежать від тварин і комах, які розносять їх насіння і запилюють квіти

Коли тварини стикаються зі зростаючим шумом транспорту або інших видів людської діяльності, вони змушені змінювати свою поведінку або ж переселятися на більш тихі території. Так, вчені простежили за ростом рослин протягом двох тижнів, а потім впливали протягом такого ж періоду часу на них шумами на рівні 80-85 дБ. Це приблизно стільки, скільки на транспортній магістралі. Виявилося, що рівень росту рослин знизився на 47%.

Одним з найбільш перспективних напрямків захисту сельбищної зони та зелених насаджень, які розташовані поблизу автомобільних доріг, є застосування захисних інженерних споруд.

Ефективність застосування захисних екранів залежить від їх геометричних параметрів та форми; матеріалів, з яких виготовлено екран, наявності отворів та нещільностей в конструкції тощо. Досвід провідних виробників захисних екранів показав, що найбільш ефективними є комбіновані захисні інженерні конструкції, що містять у своєму складі елементи, які є активними в аспекті поглинання не лише шумового, а й хімічного забруднення.

Враховуючи необхідність зменшувати дифракційні явища, що виникають при проходженні звукових хвиль, що розповсюджуються від транспортних засобів, через захисні екрани, потрібно робити ці екрани складної форми, наприклад, Y-подібної (рис. 1). Така конструкція є простою в монтажі та експлуатації, дозволяє підбирати модулі та їх наповнювачі залежно від потреб та

особливостей транспортної магістралі. З урахуванням того, що призначення захисного екрану полягає не тільки в зниженні акустичної складової впливу транспортних потоків на прилеглу територію, але й ступеня інгредієнтного забруднення, вибір наповнювача звукопоглинальних модулів необхідно здійснювати з урахуванням можливих абсорбційних якостей матеріалу.

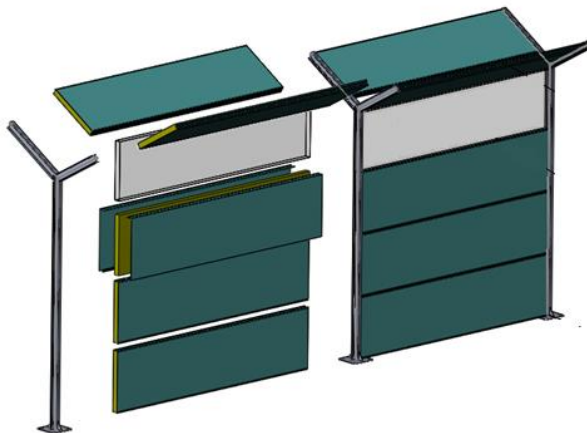


Рис. 1 – Загальний вигляд захисного екрану Y-подібної форми

Таким вимогам задовольняють вуглецеві матеріали. В якості сировини для них можна використовувати будь-які речовини, що містять вуглець: целюлоза, торф, кам'яне вугілля, синтетичні полімерні матеріали, різні органічні відходи та ін. У зв'язку із значною кількістю варіантів отримання вуглецевих матеріалів та великою ресурсною базою, ці матеріали є досить поширеними, а їх світове виробництво досягає майже одного мільйона тон на рік. Ефективність звукопоглинального матеріалу в значній мірі обумовлюється низкою його характеристик, таких як: товщина; питома площа поверхні пор; загальний обсяг наскрізних каналів; щільність та інші. Виходячи з міркувань зручності монтажу та подальшої експлуатації, доцільним є використання вуглецевих матеріалів у вигляді рулонних матеріалів із волокнистою структурою, а також у вигляді пористих плит. Матеріал розміщується в перфорованому металевому модулі, який забезпечує необхідну жорсткість конструкції. З метою підвищення рівня пожежної безпеки конструкції можливою є обробка тканинних оболонок антипіренами.

Висновки. Аналіз негативного впливу хімічного та шумового забруднення, джерелом якого є транспортні засоби, кількість яких зростає з кожним роком, довів, що в останні роки нагально постає питання захисту не лише людей, які мешкають поблизу транспортних магістралей та зазнають шкідливого впливу, а й рослин, які зазнають значного антропогенного навантаження, що негативно впливає на їх ріст, плодючість тощо.

Запропонована конструкція захисної інженерної споруди не тільки дозволяє ефективно захистити зону, прилеглу до автомобільної дороги, від шкідливого хімічного та шумового забруднення, але й дозволяє зберегти достатню видимість шляху та не обтяжує загальний вигляд вулиці.

Список використаних джерел

1. Дудин Р.Б., Левусь Т.М., Фітак М.М. Стан вуличних насаджень центральної частини міста Хмельницького // Р.Б. Дудин, Т.М. Левусь, М.М. Фітак. – Науковий вісник національного лісотехнічного університету України, 2016, вип. 26.1. – С. 41-46.
2. Лук'янчук Н.Г., Чмир Р.М. Вплив автомобільного транспорту на паркові фітоценози м. Львова // Н.Г. Лук'янчук, Р.М. Чмир. – Науковий вісник національного лісотехнічного університету України, 2007, вип. 17.7. – С. 71-76.
3. Вергелес Ю.І., Галетич І.К., Данова К.В. та ін. Реакція клена гостролистого (*ACER PLATANOIDES L.*) міських насаджень на вплив комплексу фізичних факторів антропогенного походження // Ю.І. Вергелес, І.К. Галетич, К.В. Данова. – Людина і довкілля. Проблеми неоекології. Вип. 3-4 (26), 2016. – С. 111-125.
4. Пляцук Л.Д. Оцінка викидів шкідливих речовин від автотранспортних засобів / Л.Д. Пляцук, Р.А. Васькін, В.О. Соляник та ін. // Екологічна безпека. – Вип. 2/2011 (12). – Кременчук: КрНУ, 2011. – С. 116–118.
5. Павлов И.Н. Древесные растения в условиях техногенного загрязнения // И.Н. Павлов. – Улан-Удэ: БНЦ СО РАН, 2005. – 370 с.
6. Environmental impact from different modes of transport – Method of comparison [Electronic resource]. – Electronic data. – [Stockholm : Swedish environmental protection agency report, 2009]. – 65 p. – Mode of access: World Wide Web: <http://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer/620-5183-0.pdf>. – Title from screen.
7. Clinton D. Francis, Nathan J. Kleist, Catherine P. Ortega, Alexander Cruz Noise pollution alters ecological services: enhanced pollination and disrupted seed dispersal. – Proceedings of the Royal Society, Proceedings B, 2012. – 7 pp.

Аннотация

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЗАЩИТНЫХ ЭКРАНОВ ДЛЯ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ ОТ ВРЕДНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ТРАНСПОРТНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Кириєнко Н. М., Данова К. В., Малышева В. В., Дьяконов В. И.

В статье рассматривается вопрос защиты растений от негативного воздействия факторов окружающей среды, таких как химическое и акустическое загрязнение, источником которого являются транспортные средства. Проведено анализ эффективности защиты растений от загрязнения путем установки защитных экранов.

Ключевые слова: защита растений, химическое и акустическое загрязнение.

Abstract

ANALYSIS OF THE EFFECTIVENESS OF PROTECTIVE SCREENS APPLICATION TO PROTECT PLANTS FROM THE HARMFUL IMPACT OF TRANSPORT POLLUTION

N. Kiriienko, K. Danova, V. Malysheva, V. Dyakonov.

The issue of plants protection from the negative impact of environmental factors, such as chemical and acoustic pollution, the source of which are transport vehicles is considered in the article. The analysis of the effectiveness of plant protection from pollution by installing protective screens was carried out.

Key words: *plant protection, chemical and acoustic pollution.*

УДК 331.461

ОЦІНКА ПОТЕНЦІЙНИХ НЕБЕЗПЕЧНИХ І ШКІДЛИВИХ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ

Д'яконов В. І., к.т.н, доц.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства
імені Петра Василенко*

Адаменко М. І., д.т.н, проф.

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Третьяков О. В., д.т.н, доц., Нестеренко С. В., к.т.н.

*Харківський національний університет міського
господарства імені О. М. Бекетова*

Запропоновано метод оцінки інтегрального ризику у робочій зоні з урахуванням часу перебування працюючих у зоні дії небезпечних факторів, що базується на ймовірнісній моделі впливу шкідливих факторів на здоров'я працівників. Отримані на основі ризик орієнтованого підходу залежності можна застосовувати для атестації робочих місць, визначенні пріоритету заходів з охорони праці з урахуванням рівня виробничого і професійного ризиків.

Ключові слова: *ризик орієнтований підхід, шкідливі та небезпечні виробничі фактори, атестація робочих місць, імовірність.*

Вступ. Перехід суспільства до широкого використання ринкових відносин, виникнення різноманітних форм власності потребують розроблення нових методологічних підходів до побудови сучасної моделі управління умовами, охороною й безпекою праці на національному, регіональному й виробничому рівнях, гнучкої та доступної для різних господарських структур і форм власності.

У суспільстві із соціально орієнтованою економікою охорона праці має бути одним з найважливіших завдань соціально-економічної політики як держави, так і кожного підприємства й організації.

В умовах сучасного виробництва окремі заходи щодо поліпшення умов праці для попередження професійних захворювань і травматизму є неефективними. Необхідно здійснювати комплексний аналіз умов праці і створювати в загальній системі керування виробництвом підсистему управління безпекою праці на основі проектних підходів [1]. Управління проектами з охорони праці включає планування, прийняття рішень та реалізацію заходів, спрямованих на забезпечення безпеки, збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці [2]. Наявність множини факторів виробничого середовища породжує задачу визначення інтегрального показника рівня небезпеки для працівників.

Постановка проблеми. Небезпеки мають потенційний, тобто скритий характер. Умови, при яких реалізуються потенційні небезпеки є причинами. Вони характеризують сукупність обставин, завдяки яким небезпеки мають прояв і викликають ті чи інші небажані наслідки, наносять шкоду. Форми шкоди або небажаних наслідків різноманітні: травми різної важкості, захворювання, що визначаються сучасними методами, шкода довкіллю тощо. Тріада «небезпека – причини – небажані наслідки» – це логічний процес розвитку, який реалізує потенційну небезпеку у реальну шкоду (наслідки). Наявність потенційних небезпек знаходить своє відображення в аксіомі: «Життєдіяльність людини потенційно небезпечна».

Об'єктом аналізу небезпек є система «людина – машина – навколишнє середовище», в яку об'єднані технічні об'єкти, люди і довкілля, взаємодіючі один з одним.

Під потенційною небезпекою і шкідливістю виробничих процесів розуміють наявність шкідливих і небезпечних факторів, дія яких на людину може привести до виробничої травми або професійному захворюванню.

Існуючі методи визначення рівня небезпеки від сумісної дії шкідливих факторів у виробничих умовах засновані на принципі мінімуму Лібіха, недоліком якого є урахування факторів що мають максимальний вплив [3, 4]. У той же час, інші фактори, навіть якщо вони не мають перевищення допустимих нормативів, теж впливають на стан здоров'я працівників. Одним із засобів подолання цього протиріччя є впровадження ймовірнісних оцінок рівня небезпеки виробничого середовища. Запропоновано визначати рівень небезпеки у робочій зоні за допомогою функції ризику, що дозволить автоматизувати процес атестації робочих місць [5].

Мета роботи. Розробка методу визначення рівня небезпеки для працівників у робочій зоні за умов сумісної дії шкідливих факторів різних класів.

Аналіз попередніх публікацій. Система управління охороною праці та політика підприємства в галузі охорони праці – складний вид проектно-орієнтованої діяльності в системі «людина – машина – робоча зона». Ця діяльність має такі, подібні з будь-яким іншим менеджментом, ознаки: мета – рівень виробничої безпеки; певні терміни виконання (початок і закінчення);

встановлені фінансові, матеріальні та трудові ресурси; процеси, заходи та операції, які необхідні для досягнення мети [6].

Відмінності проектів з охорони праці: цільова функція проекту – безпека – не пов'язана з прибутком від виготовлення та реалізації продукту або надання послуги; унікальність – спосіб утворення небезпечних факторів та властивості чинників шкідливого впливу; умови реалізації – спрямованість на забезпечення безпеки працівників в процесі праці.

Теоретичною основою для формування концепції безпеки в організаційно-технічних системах є аксіома про потенційну небезпеку, принцип Фармера, закон Вебера-Фехнера, принцип мінімуму Лібіха, закон толерантності Шелфорда [3]. Ризик скорочення тривалості життя при дії шкідливих факторів у робочій зоні підприємств визначається на основі відомого закону Вебера-Фехнера [3]. Інші підходи оцінки ризику розглянуті в роботах [5, 6 – 8]. Рівень впливу факторів середовища на стан людей визначається на основі даних у формі залежності «доза – ефект» [5]. У загальному випадку в охороні праці результатом проектів є деякий продукт або послуга, які характеризуються ціною і мірою ризику.

Ризик в основному оцінюють ймовірнісною характеристикою (безрозмірною величиною від 0 до 1), але можливе використання і частоти реалізації ризику. Частота реалізації – це число випадків можливого прояву небезпеки за певний період часу. Наприклад, на рік, – тоді одиниці виміру ризику можуть бути такими – [1/рік] або [людей/рік].

Можна виділити дві давно сформовані точки зору на ризик – перша заснована на наукових і технічних оцінках: так званий теоретичний ризик, друга залежить від людського сприйняття ризику: так званий ефективний ризик [6].

Результати досліджень. Теоретичний ризик виражається у формі статистичного показника, який часто зводиться до ймовірності деякого небажаної події. Зазвичай ймовірність такої події і деяка оцінка очікуваної шкоди об'єднується в один показник, який комбінує набір ймовірностей ризику і шкоди або винагороди. Таким чином, в статистичній теорії прийняття рішень, функція ризику оцінки $\delta(x)$ для параметра θ , обчислена при деяких спостережуваних параметрах x , визначається як математичне очікування функції втрат:

$$L(\theta, \delta(x)):$$

$$R(\theta) = \int L(\theta, \delta(x)) \cdot f(x|\theta) dx, \quad (1)$$

де $L(\theta, \delta(x))$ – функція втрат від параметра оцінки θ і значення оцінки $\delta(x)$;
 $f(x|\theta)$ – ймовірність небажаної події.

На практиці, як правило, використовують приватні форми виразу (1), які складаються в тому, що залежність істотно спрощується, якщо врахувати конкретні умови виконання оцінки ризику. Ймовірність небажаної події, визначається частотою реалізації небезпек:

$$P = f(x|\theta) = \frac{N(t)}{Q(x)}, \quad (2)$$

де $N(t)$ – число небажаних подій за час t ;
 $Q(x)$ – загальне число подій в системі.

Так, оцінки ризику у робочій зоні при впливі факторів середовища виконуються за умов припущення, що рівень забруднення відомий [6]. Це означає, що подія забруднення вже відбулась, тобто $P = 1$.

Для функції втрат $L(\theta, \delta(x))$ зазвичай приймають деяку вартісну міру одиниці ризику, яка характеризує наслідки деякої події. Вартісна міра ризику з точки зору роботодавця може бути прийнята згідно до законодавства рівною розміру п'ятирічного заробітку працівника. Подібну вартісну оцінку можна встановити і для інших рівнів тяжкості небажаних подій.

Надалі, в рамках цього дослідження будемо розглядати наслідки від впливу несприятливих факторів середовища для умов $P = 1$. Пропонується не використовувати вартісну міру ризику, оскільки вона віддзеркалює рівень розвитку суспільних відносин, а не характеристики якості організаційно-технічної системи. Для визначення наслідків можна використовувати функцію ризику, яка характеризує величину ймовірності ушкодження здоров'я працівників.

На даний час для визначення ризику від забруднення повітря хімічними речовинами в Україні впроваджена міжнародна методика [7], яка при оцінці ризику передбачає, що:

– для не канцерогенних речовин та канцерогенів негенотоксичної дії передбачається наявність порогових рівнів, нижче від яких шкідливі ефекти не виникають;

– канцерогенні ефекти, обумовлені дією генотоксичних канцерогенних чинників, можливі за дії будь-яких доз, що викликають пошкодження генетичного матеріалу; для такого роду сполук відсутні порогові рівні.

Характеристику ризику розвитку не канцерогенних ефектів здійснюють шляхом порівняння фактичних рівнів експозиції з безпечними (референтними) рівнями впливу та визначенням коефіцієнта небезпеки:

$$HQ = AD/RfD \text{ або } HQ = AC/RfC, \quad (3)$$

де HQ – коефіцієнт небезпеки;
 AD – середня доза, мг/кг;
 AC – середня концентрація, мг/м³;
 RfD – референтна(безпечна) доза, мг/кг;
 RfC – референтна концентрація, мг/м³.

За інгаляційного надходження, якщо цього не потребують спеціальні задачі дослідження, немає необхідності розраховувати дозу впливу, а розрахунок коефіцієнта небезпеки можна здійснювати за формулою:

$$HQ = C_i / RfC, \quad (4)$$

де HQ_i – коефіцієнт небезпеки впливу i -тої речовини;
 C_i – рівень впливу i -тої речовини, мг/м³;
 RfC – безпечний рівень впливу, мг/м³.

Коефіцієнт небезпеки розраховують окремо за умов короткотривалого (гострого), підгострого і тривалого впливу хімічної речовини. При цьому період осереднення експозиції і відповідних безпечних рівнів впливу має бути аналогічним. Критерії для характеристики коефіцієнта небезпеки наведено у таблиці 1.

Коефіцієнт небезпеки розраховують окремо за умов короткотривалого (гострого), підгострого і тривалого впливу хімічної речовини. При цьому період осереднення експозиції і відповідних безпечних рівнів впливу має бути аналогічним. Критерії для характеристики коефіцієнта небезпеки наведено у таблиці 1.

Таблиці 1 – Критерії не канцерогенного ризику

Характеристика ризику	Коефіцієнт небезпеки (HQ)
Ризик виникнення шкідливих ефектів розглядають як зневажливо малий	< 1
Гранична величина, що не потребує термінових заходів, однак не може розглядатися як досить прийнятна	1
Імовірність розвитку шкідливих ефектів зростає пропорційно збільшенню HQ	>1

Характеристику ризику розвитку не канцерогенних ефектів за комбінованого впливу хімічних речовин проводять на основі розрахунку індексу небезпеки за формулою:

$$HI = \sum HQ_i, \quad (5)$$

де HQ_i – коефіцієнти небезпеки для окремих компонентів суміші хімічних речовин, що впливають.

За аналогічною методикою розраховується індивідуальний канцерогенний ризик CR :

$$CR = LADD \cdot SF, \quad (6)$$

де $LADD$ – середня добова доза протягом життя, мг/(кг·доба);
 SF – фактор нахилу, (мг/(кг·доба))⁻¹.

Розробка методу оцінки інтегрального ризику у робочій зоні.

У загальному випадку при забрудненні атмосферного повітря, відповідно до закону Вебера-Фехнера, має місце існування деякої функціональної залежності між рівнем забруднення, відчуттям і ризиком:

$$r = \frac{1}{k} \cdot \lg \frac{C}{C_0}, \quad (7)$$

де r – рівень ризику;

C – концентрація шкідливих речовин в повітрі, мг/м³;
 k – коефіцієнт пропорційності;
 C_0 – найменша концентрація, при якій відчувається дія.

На основі нормативних показників, визначуваних експериментально для кожної речовини, можна встановити дві закріплені точки залежності (7). Для спрощення перетворень виконаємо заміну $1/k$ на λ .

$$\begin{cases} 1 \cdot 10^{-6} = \lambda \cdot \lg \frac{\text{ГДК}_{\text{сд}}}{C_0} \\ 0,5 = \lambda \cdot \lg \frac{\text{ЛК}_{50}}{C_0} \\ r = \lambda \cdot \lg \frac{C}{C_0} \end{cases} \quad (8)$$

Розв'язання системи рівнянь (8) для концентрацій забруднюючих речовин, що перевищують $\text{ГДК}_{\text{сд}}$:

$$\lambda = \frac{0,5 - 1 \cdot 10^{-6}}{\lg \frac{\text{ЛК}_{50}}{\text{ГДК}_{\text{сд}}}},$$

$$C_0 = \frac{\text{ГДК}_{\text{сд}}}{10^{\frac{10^{-6}}{0,5 - 10^{-6}} \lg \frac{\text{ЛК}_{50}}{\text{ГДК}_{\text{сд}}}}}, \quad (9)$$

$$r = (0,5 - 10^{-6}) \cdot \left(\frac{\lg \frac{C}{\text{ГДК}_{\text{сд}}}}{\lg \frac{\text{ЛК}_{50}}{\text{ГДК}_{\text{сд}}}} + \frac{10^{-6}}{0,5 - 10^{-6}} \right). \quad (10)$$

$$r = \frac{0,5 - 1 \cdot 10^{-6}}{\lg \frac{\text{ЛК}_{50}}{\text{ГДК}_{\text{сд}}}} \lg \frac{C}{\text{ГДК}_{\text{сд}}} + 1 \cdot 10^{-6}. \quad (11)$$

Рівняння (9) – (11) підтверджують, що наслідки дії хімічних факторів відповідають закону Вебера-Фехнера. Відмінність (10) від класичного виразу для залежності Вебера-Фехнера полягає в тому, що (10) містить вільний член 10^{-6} , який характеризує верхню границю дії. Другою відмінністю виразу (10) є введення нормування ризику в координатах ЛК_{50} і $\text{ГДК}_{\text{сд}}$. Це дозволяє обчислити тангенс кута нахилу лінійної залежності ризику від логарифма нормованого відносно $\text{ГДК}_{\text{сд}}$ речовини, що діє. Таким чином отримана

залежність (10) є узагальненням закону Вебера-Фехнера стосовно дії хімічних речовин на людський організм. За аналогією визначимо залежності ризику для шуму, іонізуючого випромінювання та електромагнітних коливань (табл. 2).

Ключовою дією при оцінці рівня небезпеки є перетворення інформації про деяку властивість параметрів середовища в показники ризику. Складність, що виникає на цій стадії, зв'язана, перш за все, з тим, що всі попередні дослідження характеру дії шкідливих речовин і інших факторів проводилися, як правило, без врахування взаємного впливу факторів.

Тому питання про перетворення «доза – ефект», повинно вирішуватися виходячи з наявних експериментальних даних. У зв'язку з цим положенням вказане перетворення може здійснюватися відносно кожної елементарної властивості з подальшим зведенням окремих показників до єдиного критерію якості системи в цілому. Хоча у загальному випадку, якщо розглядати характер причинно-наслідкового зв'язку в послідовності подій «дія – відчуття – реакція», це не є принциповим.

Таблиця 2 – Розрахунок потенційного ризику при дії різнорідних факторів

Параметри якості середовища	Одиниці Вимірювання	Норматив прийнятого рівня	Надмірний рівень	Формула для розрахунку ризику
Хімічні речовини	мг/м ³	ГДК _{сд} , залежить від речовини	ЛК ₅₀	$r = 10^{-6} + b \cdot \lg \frac{C}{ГДК}$
Шум	дБА	ГДР	130 дБА	$r = 10^{-6} + 0,038 \cdot \lg \frac{I}{I_0}$
Іонізуюче випромінювання	м ³ в рік ⁻¹	Ліміт дози ГДР=20	>50	$r = 10^{-6} + 0,358 \cdot \lg \frac{D_E}{ГДР}$
Електромагнітні коливання	В/м	ПДЕЕ, залежить від частоти	>500	$r = 10^{-6} + k \cdot \lg \frac{E}{ПДЕЕ}$

Розглянемо алгоритм перетворення параметрів середовища в показник техногенного ризику. Вирази для розрахунку потенційного ризику при дії різнорідних факторів приведені в таблиці 3.2. Коефіцієнти *b* вибираються для кожної речовини, що діє, а коефіцієнт *k* для відповідного інтервалу частот електромагнітних коливань.

Якщо значення фактора менше прийнятого нормативного значення, то величина ризику розраховується з припущення лінійної зміни його величини від значення фактора:

$$r_i = \alpha \cdot F, \quad (12)$$

де $\alpha = 10^{-6}/\text{ГДР}$;
 F – величина фактора $F < \text{ГДР}$.

Розрахунок сумарного ризику виконується в такій послідовності. Спочатку розраховуються значення величини річного ризику для кожного фактора r_i , а потім обчислюється величина інтегрального ризику:

$$R = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - r_i), \quad (13)$$

Таким чином, отримано єдиний підхід до розрахунку оцінки параметрів робочої зони. Він позбавлений необхідності вводити множину шкал для характеристики якості середовища. Використання оцінки у вигляді відношення двох величин еквівалентно переходу від інтенсивності до екстенсивної характеристики впливу – дози, яка, як відомо, є інтегральною величиною і визначається з врахуванням часу дії. Отримані залежності можна застосовувати для атестації робочих місць, визначенні пріоритету заходів з охорони праці з урахуванням рівня виробничого і професійного ризиків.

Але такий підхід не можна визначити як абсолютно вірний тому, що від не враховує ймовірність перебування працюючого у зоні дії i -го небезпечного фактору. При врахуванні цього імовірність наявності i -го небезпечного фактору в робочій зоні може бути визначена за формулою:

$$P_{v_i} = P_i^v \cdot P_i^p, \quad (14)$$

де P_i^v – імовірність дії i -го небезпечного фактору;
 P_i^p – імовірність перебування працюючого у зоні дії i -го небезпечного фактору.

Імовірність дії i -го небезпечного фактору та імовірність перебування працюючого у зоні його дії визначається за формулами:

$$P_i^v = \frac{t_i^v}{T_{CM}} \quad \text{і} \quad P_i^p = \frac{t_i^p}{T_{CM}}, \quad (15)$$

де t_i^v – час дії i -го небезпечного фактору;
 t_i^p – час перебування працюючого у зоні дії i -го небезпечного фактору;
 T_{CM} – тривалість зміни.

Якщо підставити ці вирази у формулу (14) отримаємо імовірність дії i -го небезпечного фактору на працюючого:

$$P_{v_i} = \frac{1}{T_{CM}^2} (t_i^v \cdot t_i^p). \quad (16)$$

При наявності 2, 3, ... n шкідливих факторів імовірність їх дії визначається:

$$\begin{aligned}
 P_v(2) &= P_{v_2} + P_{v_1} - P_{v_2} \cdot P_{v_1} \\
 P_v(3) &= P_{v_3} + P_{v_2} - P_{v_3} \cdot P_{v_2} \quad . \\
 P_v(n) &= P_{v_n} + P_{v_{n-1}} - P_{v_n} \cdot P_{v_{n-1}}
 \end{aligned}
 \tag{17}$$

На рис. 1 наведена залежність імовірності дії на працюючого n шкідливих факторів.

Якщо звiсна iмoвiрнiсть дiї шкiдливих факторiв на працюючих, то можна визначити шкiдливiсть виробничого процесу в цiлому:

$$P_{nn}^0 = \frac{N_1 P_0(1) + N_2 P_0(2) + \dots + N_n P_0(n)}{N}, \tag{18}$$

де N_1, N_2, \dots, N_n – кiлькiсть працюючих, якi пiдпадають пiд дiю 1, 2, 3, ... n шкiдливих факторiв;

$P_0(1), P_0(2), \dots, P_0(n)$ – iмoвiрнiсть дiї на працюючих 1, 2, 3, ... n шкiдливих факторiв;

N – загальна чисельнiсть працюючих.

Кiлькiсна оцiнка потенцiйної шкiдливостi виробничих процесiв. Iмoвiрнiсть дiї j -го небезпечного фактору может бути визначена за формулою:

$$P_{b_j} = P_j^b \cdot P_j^p \cdot P_j^{nc}, \tag{19}$$

де P_j^b – iмoвiрнiсть наявностi у робочiй зонi j -го небезпечного фактору (речовини);

P_j^p – iмoвiрнiсть перебування людини у зонi дiї j -го небезпечного фактору(речовини);

P_j^{nc} – вражаюча здатнiсть j -го небезпечного фактору(речовини).

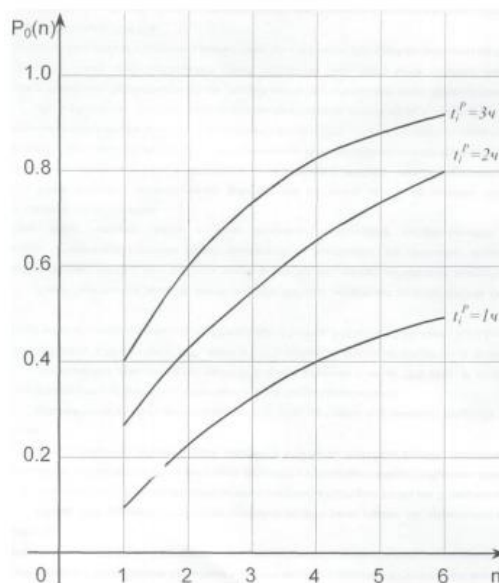


Рис. 1 – Залежність $P_0(n)$ дiї i -ої чисельностi шкiдливих факторiв при $t_j^p = const$.

Імовірність наявності у робочій зоні j -го небезпечного фактору (речовини) та імовірність перебування людини у зоні дії цього фактору визначається за формулою (15). А вражаюча здатність j -го небезпечного фактору (речовини) визначається як:

$$P_j^{nc} = \frac{d_j}{D_j}, \quad (20)$$

де d_j – фактичний рівень (вміст) j -го небезпечного фактору (речовини);
 D_j – граничний рівень (вміст) j -го небезпечного фактору (речовини).

Граничний рівень (вміст) j -го небезпечного фактору (речовини) – це такий, при якому працюючі підлягають найшвидшій евакуації з опарної зони.

Якщо підставити у формулу (19) вирази для P_j^b , P_j^p і P_j^{nc} отримаємо:

$$P_{b_j} = \frac{t_j^b \cdot t_j^p \cdot d_j}{T_{CM}^2 \cdot D_j}. \quad (21)$$

Імовірність шкідливої дії m факторів визначається за формулою:

$$P_b(m) = 1 - \prod_{j=1}^m (1 - P_{b_j}). \quad (22)$$

На рис. 2 наведена залежність можливості дії на людину m шкідливих факторів.

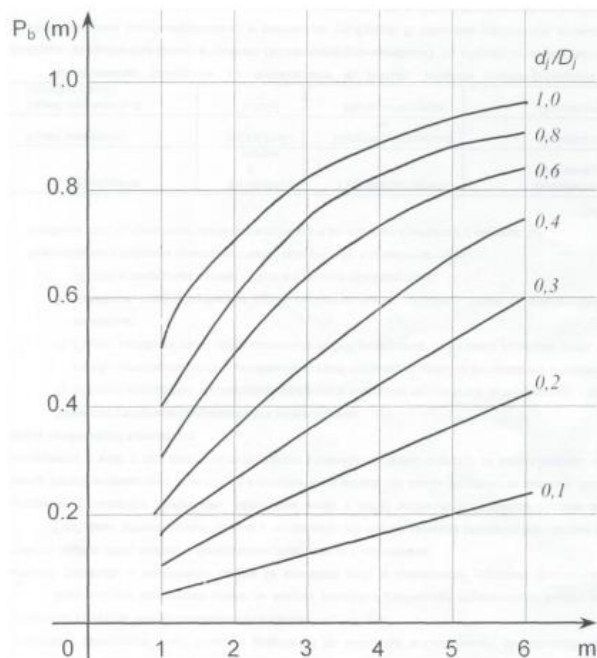


Рис. 2 – Залежність $P_b(m)$ від m -ої кількості шкідливих факторів та d_j/D_j (t_j^b і $t_j^p = \text{const}$).

Якщо звісна імовірність дії шкідливих факторів на працюючих, то можна визначити шкідливість виробничого процесу в цілому:

$$P_m^b = \frac{N_1 P_b(1) + N_2 P_b(2) + \dots + N_m P_b(m)}{N}. \quad (22)$$

Висновок. Отримано єдиний підхід до розрахунку виробничого ризику в залежності від параметрів робочої зони з урахуванням часу перебування працюючих у зоні дії небезпечних факторів. Він позбавлений необхідності вводити множину шкал для характеристики якості середовища. Отримані на основі ризик орієнтованого підходу залежності можна застосовувати для атестації робочих місць, визначенні пріоритету заходів з охорони праці з урахуванням рівня виробничого і професійного ризиків.

Список використаних джерел

1. Закон України «Про охорону праці.» – Редакція від 18.11.2012 [Електронний ресурс]. – <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/2694-12>. – 16.09.2013.
2. Гогунский, В.Д. Управление рисками в проектах з охорони праці як метод усунення шкідливих і небезпечних умов праці / В.Д. Гогунский, Ю.С. Чернега // Вост.-Европейский журнал передовых технологий. – № 1/10 (61). – Харьков : Технолог. центр, 2013 – С. 83 – 85.
3. Гогунский, В.Д. Теория и практика оценки риска здоровью от воздействия факторов внешней среды / В.Д. Гогунский, С.В. Руденко, И.В. Урядникова // Безпека життя і діяльності людини – освіта, наука, практика : зб. наук. пр. X міжнар. наук.-метод. конф. – К. : Центр учбової літератури, 2011. — С. 170 — 175.
4. ДСТУ ISO 14001:2006. Системи екологічного керування. Вимоги та настанови щодо застосування (ISO 14001:2004, IDT). – К.: ДЕРЖСПОЖИВСТАНДАРТ України, 2006. – 17 с.
5. Басиль, Е.Е. Риск сокращения продолжительности жизни: рабочая зона [Текст] / Басиль Е.Е., Изотов С.А., Гогунский В.Д. // Труды Одес. политехн. ун-та. - Вып. 2. - 1997. - С.133 – 135.
6. Руденко, С.В. Оценка экологической безопасности в проектах: монографія / С.В. Руденко, В.Д. Гогунский. – Одесса: Феникс, 2006. – 144 с.
7. Методичні рекомендації «Оцінка ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря» [Електронний ресурс]. – Затв. наказом МОЗ України 13.04.2007 р. № 184. – <http://ua-info.biz/legal/baseuw/ua-qmwote/index.htm>
8. Гогунский, В.Д. Практические задачи измерения качества в проектах/ В.Д. Гогунский, Т.М. Олех, А.Г. Оборская // Вост.-Европ. журн. передовых технологий. – Харьков: Технолог. центр, 2012. – №1/11 (55). – С. 6 –8.

Аннотация

ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ И ВРЕДНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

Дьяконов В. И., Адаменко М. И. Третьяков О. В. Нестеренко С. В.

Предложен метод оценки интегрального риска в рабочей зоне с учетом времени пребывания работающих в зоне действия опасных факторов,

базирується на вероятностной моделі впливу шкідливих факторів на здоров'я працівників. Отримані на основі ризик-орієнтованого підходу залежності можна застосовувати для аттестації робочих місць, визначенні пріоритету заходів по охороні праці з урахуванням рівня виробничого і професійного ризиків.

Ключевые слова: ризик-орієнтований підхід, шкідливі і небезпечні виробничі фактори, аттестація робочих місць, ймовірність.

Abstrakt

ASSESSMENT OF THE POTENTIAL OF DANGEROUS AND HARMFUL PRODUCTION PROCESSES

V. Dyakonov, M. Adamenko, O. Tretyakov, S. Nesterenko.

The method of assessment of cumulative risk in working area with consideration of time working in the area of hazardous factors, based on the probability model of the influence of harmful factors on the health of workers. Obtained on the basis of a risk oriented approach of dependence can apply for the attestation of the workstations, the definition of priority measures for the protection of labour, taking into account the level of industrial and commercial risks.

Keywords: the risk-oriented approach, harmful and hazardous production factors, attestation of employment, probability.

УДК 631.639.22 : 519.22

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ДЛЯ ОХОРОНИ ОБ'ЄКТІВ

Черепньов І. А., к.т.н., доц.

Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка

Романюк В. А., к.т.н., доц., Стародубцев С. О., к.в.н., доц.

Національна академія Національної гвардії України

Серед численних питань безпеки будь-якого промислового, цивільного чи спеціального об'єкта чи не найскладніший і найважливіший — захист його периметра як першого і найбільш відповідального рубежу охорони.

Захист периметра об'єкта можливий при оптимальному поєднанні механічних перешкод, що утрудняють і уповільнюють дії порушника, з технічними засобами раннього виявлення факту проникнення.

Периметровий комплект інженерних споруд як сукупність інженерних огорожень служить для забезпечення неприступності територій і об'єктів з метою запобігання проникненню на них сторонніх осіб і транспортних засобів.

Периметровий кордон об'єкта є найкращим місцем для раннього детектування вторгнення. Таким чином, периметрові системи охорони є

найбільш ефективними засобами захисту від несанкціонованого проникнення, оскільки видають сигнал тривоги задовго до того, як зломисник може проникнути в особливо важливі зони, об'єкта, що охороняються.

На українському ринку безпеки представлена величезна кількість різноманітних систем для охорони периметра. Зупинимось на тих, що використовують інфрачервоний діапазон (ІЧ) діапазон хвиль.

Інфрачервоні системи за своїм принципом роботи та комплектації, поділяються на два види: активні та пасивні. Активні інфрачервоні системи охорони периметру складаються з приймача та передавача ІЧ променів, які знаходяться в умовах прямої видимості. Випромінюваних ІЧ променів може бути кілька, та вони посилюються за допомогою оптичних лінз. Сигнал тривоги формується при перериванні променя. Відстань, яка охороняється, може бути значною - до сотень метрів.

Пасивні інфрачервоні системи діють на основі пасивних ІЧ датчиків з просторовою діаграмою променя. Вони встановлюються там, де необхідно контролювати невеликі ділянки периметра, наприклад, в'їзд на територію. Робота датчиків заснована на зміні інфрачервоного випромінювання навколишнього середовища під впливом руху.

Метою статті є оцінювання можливості лазерних методів охорони, які засновані на аналізі зміни просторової структури лазерного випромінювання в ІЧ діапазоні хвиль, спричиненої переміщенням об'єкта. Це дозволить збільшити висоту зони дії засобів контролю до десятків метрів по периметру об'єкта. Для збільшення дальності дії таких систем пропонується застосувати світлоповертаючі покриття (СПП) [1].

Ключові слова: лазерне випромінювання, світлоповертаючі покриття, турбулентність повітря, спекл-інтерферометрія.

Постановка задачі і аналіз літератури. Останнім часом в світі значно виросла загроза терористичних нападів, в тому числі і на об'єкти ядерної інфраструктури. Світовою спільнотою тероризм віднесено до найбільш гострих проблем сучасності, а його найнебезпечніші форми, пов'язані з використанням зброї масового знищення, насамперед ядерної, визнаються загрозою самому існуванню цивілізованого людства. На думку Мохамеда ЕльБарадеї, колишнього Генерального директора МАГАТЕ і лауреата Нобелівської премії миру 2005 року, "ядерний тероризм є найбільш серйозною небезпекою, з якою зіткнулося людство" [2]. Для України, на території якої знаходяться 5 атомних електростанцій, в т.ч. і Чорнобильська, джерела іонізуючого випромінювання, підприємства переробки урану, фізичний захист всіх ядерних матеріалів, радіоактивних матеріалів, установок і транспортних засобів, відноситься до основних пріоритетів (рисунок 1). Із збільшенням периметра території, що охороняється, зростає довжина фізичного огороження і, відповідно, зростає можливість його порушення. Розроблення нових зразків охоронних систем призвело до значного розширення переліку периметрових технічних засобів охорони (ТЗО). Сьогодні всі види фізичних бар'єрів (паркани, стіни, огороження) все частіше поєднують з електронними системами охорони [3].



Рис. 1 – Об’єкти ядерної інфраструктури України

Поширення набули і зразки, що завдяки спеціальному програмовому забезпеченню здатні не тільки фіксувати сигнали датчиків-сповіщувачів, але й аналізувати структуру цих сигналів, тим самим підвищуючи ймовірність виявлення порушення периметра. До складу сучасних систем охорони периметра входять фізичний бар’єр та складна електронна система охорони з досить малою ймовірністю надходження хибних сигналів тривоги [4, 5].

Ще однією сферою застосування ТЗО є обладнання тимчасових охоронних рубежів у процесі виконання завдань з блокування ділянок місцевості, тимчасової охорони стаціонарних чи польових об’єктів, а також комунікацій. Найявні пересувні ТЗО швидкого розгортання також не завжди задовольняють вимогам за критерієм “вартість – ефективність”. Ідеальний ТЗО повинен мати зону виявлення у вигляді сфери, в середині якої знаходиться об’єкт. На жаль, на сьогодні створення таких засобів неможливе, всі існуючі засоби мають висоту зони дії не більше 2 – 3 м по периметру об’єкта. Виявити, наприклад, порушників, що використовують повітряні засоби пересування можливо тільки після їхнього приземлення й потраплення в зону дії засобу сигналізації [6, 7].

Перспективним є метод, заснований на аналізі зміни просторової структури лазерного випромінювання, спричиненої переміщенням об’єкта. Це дозволить збільшити висоту зони дії засобів контролю до десятків метрів по периметру об’єкта.

У сучасних лазерних системах охорони периметра використовують різні способи збільшення потужності відбитого сигналу (відношення сигнал/шум) для підвищення ймовірності виявлення порушення периметра з мінімумом фіктивних тривог. Перспективним напрямком розв’язання такої задачі є застосування спеціальних світлоповертаючих покриттів (СПП). У такому випадку відбитий сигнал не розсіюється в різні напрямки, а потрапляє на вхід фотоприймача тим самим шляхом, що і випромінений. Енергія відбитого сигналу зменшується тільки внаслідок розсіювання та поглинання на трасі проходження променя. Використання СВП дозволить збільшити грані периметра і розміри території, що охороняється [9].

Викладення основного матеріалу. При використанні лазерного випромінювання в результаті інтерференції парціальних променів, відбитих від різних ділянок з випадковими нахилом і висотою, у площині спостереження формується так звана спекл-картина, що являє собою сукупність окремих плям (спеклів). У разі зсувів ділянки, наприклад через вібрації, у площині спостереження відбувається зсув спекл-картини, що може бути використано для виявлення об'єктів, які вібрують. Крім того, зміни в структурі розподілу, за якими спостерігають, відбуваються також при відбитті від нерухомих об'єктів внаслідок зміни температурного режиму.

Одним з способів до рішення завдання діагностики потоків є оцінка впливу фазових флуктуацій, які внесені турбулентністю в зондувальне випромінювання. Фізичною основою методу діагностики турбулентного стану повітря є залежність часового спектра флуктуацій фази хвилі від величини поперечної швидкості турбулентного потоку, що рухається, і стану турбулентності, обумовленого значення структурної постійної флуктуацій показника переломлення. Часовий спектр фазових флуктуацій у лазерному пучку обмежений частотою [7]:

$$f_0 = \frac{v_{\perp}}{\sqrt{2\pi\lambda L}}, \quad (1)$$

де v_{\perp} – поперечна до напрямку поширення променя складова швидкості вітру,
 λ – довжина світлової хвилі,
 L – довжина турбулентної траси.

Ця обставина використовується, зокрема, для визначення швидкості вітру методами лазерного дистанційного зондування атмосфери. У випадку, коли $f < f_0$, часовий спектр флуктуацій параметрів променя змінюється мало й описується співвідношенням:

$$W(f) = 0,85C_n^2 k^{2/3} L^{7/3} / v_{\perp}, \quad (2)$$

де C_n^2 – структурна постійна флуктуацій показника переломлення,
 k – хвильове число.

При $f > f_0$ спектральна щільність потужності швидко убуває відповідно до залежності:

$$W(f) = 2,19C_n^2 k^{2/3} L^{7/3} \left(\frac{f}{f_0} \right)^{-8/3} / v_{\perp}. \quad (3)$$

Таким чином, для визначення стану турбулентного шару необхідно оцінити величину f_0 . Реалізувати такий підхід можна, наприклад, за допомогою методу спекл-інтерферометрії, при якому необхідно аналізувати часові зміни сигналу фотоприймача, при реєстрації випромінювання, відбитого від СПП і яке пройшло через турбулентний шар. У цьому випадку закономірності динаміки зміни сигналу фотоприймача будуть визначатися властивостями турбулентного потоку.

Істотного збільшення потужності прийнятого сигналу, а отже і поширення можливостей практичного застосування методу можна досягти у разі використання світлоповертаючих покриттів (СПП) замість поверхонь, що забезпечують дифузне відбиття [7]. СПП є сукупністю елементарних світловідбивачів у вигляді скляних мікрокульок або мікропризм, розміри яких декілька десятків мікрометрів. Розсіяне випромінювання має просторово-неоднорідний характер, що відповідає спекл-картині (рисунок 1), однак діаграма спрямованості шириною усього кілька градусів зорієнтована завжди в напрямку випромінювача і не залежить від взаємної орієнтації нормалі до поверхні й напрямку падіння променя.

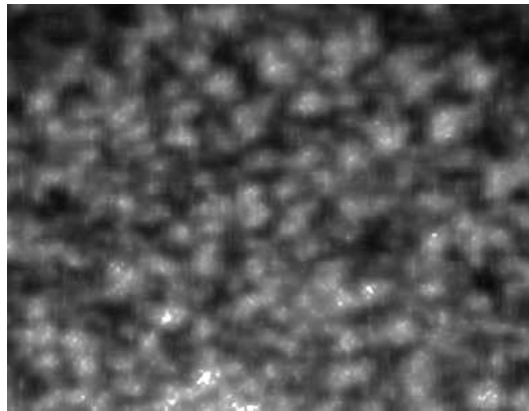


Рис. 2 – Спекл-картина розсіяного випромінювання

СПП структурно складаються з безлічі елементарних світлоповертачів, розташованих на підкладці. Теперішнього часу СПП використовуються для вирішення двох основних завдань. По-перше, при створенні світлорозсіюючих проєкційних екранів, і, по-друге, для виготовлення світлоповертаючих екранів, знаків безпеки, сигнальної розмітки, автомобільних номерів.

У першому випадку це так звані бісерні екрани, що мають баритову поверхню, що покрита дрібним шаром скляних кульок діаметром 0,1 – 0,5 мм. Чим більше діаметр кульок, тим більше концентрований відбитий світловий потік і тем менше корисний кут розсіювання, що мінімально досягає значення ± 70 по половинному рівні зменшення яскравості відбитого світла.

Світлоповертаючі екрани, знаки безпеки виконують на основі СПП, вони зримо сприймаються світними при висвітленні їхньої поверхні пучком (променем) світла, спрямованим з боку спостерігача й несвітловими - при висвітленні їхньої поверхні спрямованим з боку спостерігача світлом. Світлоповертаючі плівкові покриття можуть бути наступних типів:

1 тип: плівки із середньою інтенсивністю світлоповертання, оптичними елементами яких є сферичні лінзи (мікросклокульки), що перебувають у прозорому полімерному шарі; світлоповертаючі плівкові матеріали цього типу застосовують, коли знаки безпеки або сигнальну розмітку необхідно розрізнити із близької відстані при низькому рівні фонового висвітлення;

2 тип: плівки з високою інтенсивністю світлоповертання, що складаються зі сферичних лінзових елементів, укладених у капсулу, наклеєних на полімерну

основу й залитих шаром прозорого пластику; світлоповертаючі плівки 2-го типу характеризуються більш високим коефіцієнтом світлоповертання, ніж плівки 1-го типу, їх застосовують для виготовлення екранів, знаків безпеки і сигнальної розмітки, спостережуваної з далеких відстаней або при низькому й середньому рівнях фонового висвітлення;

3 тип: плівки 3-го типу мають оптичну систему у вигляді плоскогранних призматичних елементів, що перебувають у прозорому полімерному шарі; світлоповертаючі плівки 3-го типу характеризуються надвисоким коефіцієнтом світлоповертання, їх застосовують при виготовленні екранів, знаків безпеки для особливо небезпечних місць і у випадку великих відстаней упізнання при будь-якому рівні фонового висвітлення.

Найкращими властивостями по концентрації енергії в напрямку на джерело підсвіту володіють СПП 3 типу, потім відповідно СПП 2 й 1 типів. Пеленгаційні характеристики СПП, що характеризують зниження потужності відбитого в напрямку на джерело світла при відхиленні кута падіння від нормального, для всіх типів СПП практично однакові [8].

Висновки

У статті запропонований можливий підхід до розв'язання задачі діагностики потоків: аналіз впливу фазових флуктуацій, внесених турбулентністю в зондувальне випромінювання. Показана можливість виявлення зміни стану турбулентності на трасі розповсюдження променя, що може бути основою створення охоронної системи різних об'єктів.

Список використаних джерел

1. Технічні засоби охорони периметра та об'єктів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.klaster-plus.ua/ua/stati-i-obzory/tekhnicheskie-sredstva-okhrany-perimetra-obzor-tekhnolog/>.
2. Кондратов С.І. Щодо проблем оцінки загроз ядерного та радіаційного тероризму/Національний інститут стратегічних досліджень // С.І. Кондратов Аналітична доповідь. – К., 2013.
3. Комплексная охрана объектов: методы и аппаратура. – Режим доступа: <http://arsenal.nm.ru>.
4. Оленин Ю.А. Проблемы комплексного обеспечения охранно-территориальной безопасности и физической защиты особо важных объектов РФ / Ю.А. Оленин // Проблемы объектовой охраны: сб. науч. тр. Пензенского гос. ун-та. – Вып. 41. – Пенза, 2000. – С. 121 – 125.
5. Лепешкин В. Оценка защитных свойств периметральной сигнализации / В. Лепешкин // Мир и безопасность. – М., 2001. – № 3.
6. Охрана периметра [Електронний ресурс]. – Режим доступа: <http://www.xvision.ru/id=15>.
7. Татарский В.И. Распространение волн в турбулентной атмосфере / В.И. Татарский. – М.: Наука, 1967. – 522 с.
8. Крюков И. Н. Сравнительный анализ физических полей объектов в целях обнаружения и распознавания нарушителей границы / И. Н. Крюков, В. А.

- Иванов // НМС. – Калининград: КВИ ФПС, 1999. – № 6. – Ч. 4. – С. 18 – 24.
9. Терещенко І.В. Аналіз властивостей світлоповертаючих покриттів, які використовуються у квантових системах охорони об'єктів/ І.В. Терещенко, В.А.Романюк, С.А. Горелишев, А.В. Кочин// Радіотехніка. – 2010. – Вип.163. – 2010. – С.199-204.

Аннотация

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ДЛЯ ОХРАНЫ ОБЪЕКТОВ

Черепнев И. А., Романюк В. А., Стародубцев С. А.

Среди многочисленных вопросов безопасности любого промышленного, гражданского или специального объекта едва ли не самый сложный и самый важный - защита его периметра как первого и наиболее ответственного рубежа охраны.

Защита периметра объекта возможна при оптимальном сочетании механических препятствий, затрудняющих и замедляющих действия нарушителя, с техническими средствами раннего обнаружения факта проникновения.

Периметровый комплект инженерных сооружений как совокупность инженерных ограждений служит для обеспечения недоступности территорий и объектов с целью предотвращения проникновения на них посторонних лиц и транспортных средств.

Периметровая граница объекта является лучшим местом для раннего детектирования вторжения. Таким образом, периметровые системы охраны являются наиболее эффективными средствами защиты от несанкционированного проникновения, поскольку выдают сигнал тревоги задолго до того, как злоумышленник может проникнуть в особо важные зоны охраняемого объекта.

На украинском рынке безопасности представлено огромное количество разнообразных систем для охраны периметра. Остановимся на тех, что используют инфракрасный диапазон (ИК) диапазон волн.

Инфракрасные системы по своему принципу работы и комплектации, делятся на два вида: активные и пассивные. Активные инфракрасные системы охраны периметра состоят из приемника и передатчика ИК лучей, которые находятся в условиях прямой видимости. Излучаемых ИК лучей может быть несколько, и они усиливаются с помощью оптических линз. Сигнал тревоги формируется при прерывании луча. Расстояние охраняемой может быть значительным - до сотен метров.

Пассивные инфракрасные системы действуют на основе пассивных ИК датчиков с пространственной диаграммой луча. Они устанавливаются там, где необходимо контролировать небольшие участки периметра, например, въезд на территорию. Работа датчиков основана на изменении инфракрасного излучения окружающей среды под влиянием движения.

Целью статьи является оценка возможности лазерных методов охраны, которые основаны на анализе изменения пространственной структуры

лазерного излучения в ИК диапазоне волн, вызванного перемещением объекта. Это позволит увеличить высоту зоны действия средств контроля до десятков метров по периметру объекта. Для увеличения дальности действия таких систем предлагается применить световозвращающие покрытия (СВП).

лазерное излучение, световозвращающие покрытия, турбулентность воздуха, спекл-интерферометрия.

Abstrakt

APPLICATION OF REMOTE CONTROL METHODS FOR PROTECTION OF OBJECTS

I. Cherepnev, V. Romanyuk, S. Starodubtsev

Among the numerous security issues of any industrial, civil or special object is hardly the most difficult and most important - the protection of its perimeter as the first and most responsible security frontier.

Protection of the perimeter of the object is possible with the optimal combination of mechanical obstacles that hinder and slow down the perpetrator's action, with the technical means of early detection of the penetration.

The perimetric set of engineering structures as an aggregate of engineering fences serves to ensure the inaccessibility of territories and objects in order to prevent the penetration of unauthorized persons and vehicles by them.

The perimeter boundary of the object is the best place for early detection of an invasion. Thus, perimeter security systems are the most effective means of protecting against unauthorized intrusion, as they give out an alarm long before the attacker can penetrate the most important areas of the protected object.

The Ukrainian security market presents a huge number of diverse systems for the protection of the perimeter. Let's dwell on those that use the infrared (IR) waveband.

Infrared systems, according to their principle of operation and equipment, are divided into two types: active and passive. Active infrared perimeter security systems consist of an IR receiver and transmitter that are in direct visibility. Radiated IR rays can be several, and they are amplified with the help of optical lenses. An alarm is generated when the beam is interrupted. The distance protected can be significant - up to hundreds of meters.

Passive infrared systems operate on the basis of passive IR sensors with a spatial beam diagram. They are installed where it is necessary to control small areas of the perimeter, for example, entry into the territory. The operation of the sensors is based on the change in the infrared radiation of the environment under the influence of motion.

The purpose of the article is to assess the possibility of laser protection methods, which are based on the analysis of the change in the spatial structure of laser radiation in the IR wave range caused by the displacement of the object. This will increase the height of the control area to dozens of meters along the perimeter of the object. In order to increase the range of such systems, it is proposed to apply retroreflective coatings (SVP) [1].

Key words: *laser radiation, reflective coatings, air turbulence, speckle-interferometry.*

ОСОБЛИВОСТІ РОЗВИТКУ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ В РОСЛИННИЦТВІ

В. Г. Мироненко, д.т.н.

*Національний науковий центр
«Інститут механізації та електрифікації
сільського господарства»
НААН України*

Розглянуто тенденції розвитку інтелектуальної сільськогосподарської техніки. Запропоновані принципи побудови систем автоматичного управління технологічними процесами ціленаправленого впливу на біологічний об'єкт зі змінними параметрами.

Проблема. Підвищення ефективності рослинництва можливе за рахунок принципово нової якості комплексного виконання технологічних процесів які характеризуються багатofакторністю, невизначеністю інформації та протіканням процесів з живими об'єктами.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Автоматизованому сільськогосподарському виробництву притаманний спіральний характер розвитку від окремих технічних рішень до комплексних систем з послідовним переходом на більш високий рівень інформованості та інтелектуальності. В 80-х роках минулого століття був створений трактор-робот [1], який в складі групи автоматизованих тракторів під управлінням одного тракториста в кабіні трактора-лідера, дублював всі його режими роботи шляхом відстеження координатних точок на тракторі-лідері та керуючих дій тракториста. Розробка цілого ряду автоматичних систем контролю та управління виконанням окремих технологічних процесів рослинництва дозволила вийти на комплексну систему програмно-технічного забезпечення [2], яка на основі визначення характерних по урожайності ділянок поля дозволяла проводити локально-дозований обробіток ґрунту та рослин на протязі всього циклу вирощування сільськогосподарських культур. На сьогодні активно ведуться роботи як по створенню спеціалізованих роботів сільськогосподарського призначення, так і по створенню уніфікованої елементної бази техніки нового технологічного рівня, здатної в автоматичному режимі на основі оперативної інформації [3] забезпечувати оптимальний фазовий стан об'єкту, що обробляється.

Мета дослідження. Сформулювати принципи побудови систем автоматичного управління технологічними процесами ціленаправленого впливу на біологічний об'єкт зі змінними параметрами.

Результати досліджень. На рис. 1 представлена узагальнена структурна схема системи автоматичного управління сучасним технологічним процесом в рослинництві.

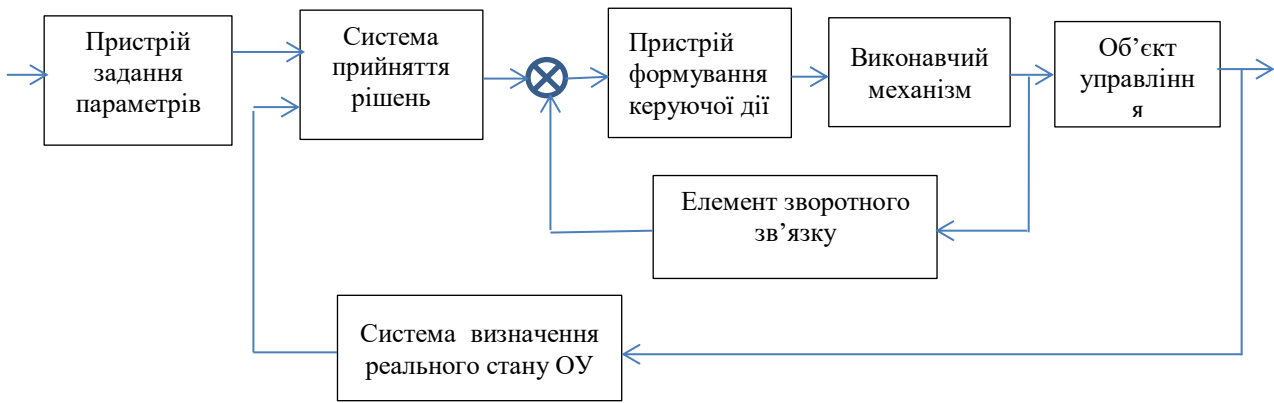


Рис. 1 – Структурна схема системи автоматичного управління сучасним технологічним процесом в рослинництві

Технічна суть нового рівня автоматизації полягає у переході від реактивного принципу роботи систем по відхиленню окремого параметру до комплексного багатокритеріального управління, з активним залученням інформації від об'єкту обробки, навколишнього середовища, технічних засобів та спеціалізованих баз даних, тобто, до інтелектуальних систем [4]. Зазвичай, такі системи будуються на базі оригінального мікроконтролера, в який надходить інформація з пульта управління оператора (Т), датчиків параметрів робочої машини та реального стану об'єкту, що обробляється (І), а також із запрограмованої бази знань (К). Подальша обробка інформації (L) проводиться за допомогою інтелектуальних елементів часової затримки (Т) і логічного аналізу окремих значень контрольованих параметрів (рис. 2), чим забезпечується можливість визначення середньозваженої їх величини (С) і прийняття відповідного рішення (А) щодо регулювання робочого органу за допомогою виконавчого механізму або рекомендації трактористу у вигляді зображення на дисплеї блоку індикації.

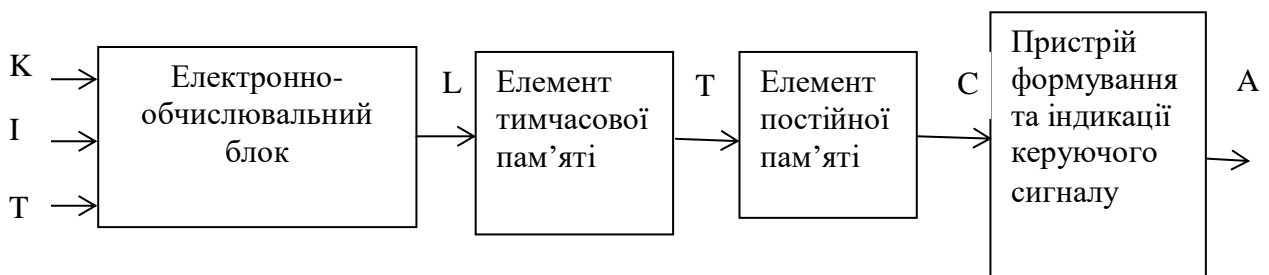


Рис. 2 – Функціональна схема інтелектуальних елементів формування керуючої дії на зміну параметрів робочого органу

Іншими словами - ці системи виходять практично на рівень роботизованих комплексів на основі перших двох рівнів теорії штучного інтелекту: теорії обчислень (нейроподібні мережі, яким властиве самовдосконалення – сприйняття інформації, фізична взаємодія з навколишнім середовищем) та теорії логіки – дедукція, індукція, підтримка істини, моделі мислення.

Центральним елементом структури інтелектуальної складової системи автоматичного керування технологічним процесом є багатомірні нейроподібні

мережі, які можуть бути представлені у взаємодії трьох основних блоків:

- блок прийняття і переробки інформації (сенсорна система);
- блок модуляції (моделююча система);
- блок програмування, запуску і контролю виконавчих дій (моторна система).

Серед класичних схем реалізації моделі логіки при прийнятті відповідних рішень може бути метод поступових наближень. В основі лежить створення рішень, що змагаються між собою. Невдалі відкидаються, перспективні виживають і відроджуються шляхом створення нових рішень з частин успішних «батьків» (в техніці – потенціал нарощується або зменшується). Виявлені помилки приводять до корекції та нарощування бази знань. Якщо прототип стає дуже об'ємним – від нього відмовляються, але в процесі, частіше всього, створюється більш прозора версія зі значно меншим числом правил.

Створення та ефективне використання бази даних є надзвичайно важливою задачею. При її формуванні використовують два основних методи: карт-технології і сенсор-технології. Метод карт-технологій передбачає формалізацію даних на основі попередньо проведених досліджень і відомої інформації. Це стосується, в першу чергу, параметрів поля - тип ґрунту, наявність поживних речовин, вологість, щільність ґрунту та ін., а також параметрів організаційно-технічного забезпечення та природно-кліматичних умов. Метод сенсор-технологій полягає у визначенні параметрів ґрунту спеціальними датчиками у процесі виконання технологічних операцій. Ці датчики вимірюють відповідні параметри і отримана інформація передається в базу даних, де у подальшому використовується при формуванні управляючих дій.

Забезпечення необхідної якості виконання технологічних процесів дозволяють збільшити продуктивність праці – до 20%, зменшити витрати палива і технологічних матеріалів на 15-20%, одержати економічний ефект та зменшити шкідливий антропогенний вплив техніки на навколишнє середовище [2,3,5].

Висновки

1. Значне підвищення виробництва сільськогосподарської продукції з одиниці оброблюваної площі можливе при впровадженні нових інтелектуальних технологій виробництва.

2. Ключовим елементом інтелектуальної системи керування технологічним процесом є нейроподібні мережі, які можуть бути представлені блоком прийняття і переробки інформації (сенсорна система), блоком модуляції (моделююча система) та блоком програмування, запуску і контролю виконавчих дій (моторна система).

3. Інтелектуальні системи управління технологічними процесами дозволяють збільшити продуктивність праці та зменшити витрати палива і технологічних матеріалів до 20%, а також забезпечити задані показники якості отриманої продукції.

Список використаних джерел

1. Л.Г. Гром-Мазнічевський, В. Г. Мироненко. Ефективність управління двома машинно-тракторними агрегатами однією людиною. Вісник сільськогосподарської науки. -1983. - №11.-С.57-58.
2. Масло І.П., Мироненко В.Г. Автоматизована система моніторингу родючості ґрунту та локально-дозоване використання хімпрепаратів //Вісник сільськогосподарської науки.-1998.-№5, с.56-58.
3. Броварець О.О. Інформаційні технології та технічні засоби нового покоління для моніторингу й забезпечення якості виконання технологічних процесів при вирощуванні сільськогосподарських культур / О.О. Броварець // Научно-практический журнал «Хранение и переработка зерна». – 2013. – № 6 (171). – С. 37-42.
4. Мироненко В.Г. Передумови та особливості створення елементів штучного інтелекту в системах оперативного керування АПК. Вісник аграрної науки. – 2016. - №5.- С.47-51.
5. Бакурадзе Л.А., Луценко Е.В. Теория, технология и практика автоматизации оперативного управления уборочно-заготовительными кампаниями в АПК: Под научной редакцией д.т.н., проф. В.И. Лойко. Монография (научное издание). – Краснодар: КубГАУ, 2008. – 550 с.

Аннотация

ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ

В. Г. Мироненко

Рассмотрены тенденции развития интеллектуальной сельскохозяйственной техники. Предложены принципы построения систем автоматического управления технологическими процессами целенаправленного влияния на биологический объект с переменными параметрами.

Abstract

FEATURES OF THE DEVELOPMENT OF THE SYSTEMS OF AUTOMATIC CONTROL BY TECHNOLOGICAL PROCESSES IN PLANT

V. Mironenko

The paper considers the development trends the intellectual trends of agricultural machinery. The proposed principles of the systems of automatic control by technological processes sent to the target impact on the biological object with variable parameters.

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТЯГОВОЇ ДИНАМІКИ ЧОТИРЬОХ ГУСЕНИЧНОГО ТРАКТОРА ХТЗ-280Т

Шаповалов Ю. К.

ПАТ «Харківський тракторний завод ім. С. Орджонікідзе»

Мельник В. І., д.т.н., проф., Антощенко Р. В., к.т.н., доц.,

Антощенко В. М., к.т.н., проф., Кісь В. М., к.т.н., доц.,

Галич І. В., ст. викл., Никифоров А. О., ст. викл.,

Богданович С. А., к.т.н., ст. викл., Лукьяненко О. В., ст. викл.

Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка

В роботі наведено результати тягових випробувань чотирьох гусеничного трактора ХТЗ-280Т отриманих за допомогою вимірювальної системи динаміки і енергетики мобільних машин. Побудовано залежності буксування гусениць, теоретичної, дійсної швидкостей і тягової потужності трактора від сили тяги на гаку.

Постановка проблеми. Створення сучасних енергонасичених машино-тракторних агрегатів (МТА) з їх високими тягово-динамічними якостями, необхідними насамперед для ґрунтообробних, транспортних та інших агрегатів, було б неможливо без фундаментальних розробок з теорії і розрахунку оптимальних параметрів тракторів, а також динаміці і стійкості, виконаних В. І. Анохіним [1], В. В. Гуськовим [2], Г. М. Кутьковим [3] та ін.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Встановлено, що впровадження в сільськогосподарське виробництво енергонасиченої техніки призводить до зниження родючості ґрунту не тільки за рахунок її розпилення, а й за рахунок переущільнення її рушіями МТА, що погіршує агроекологічні показники [4–6]. Тому основне завдання при виконанні механізованих робіт полягає в тому, щоб вплив рушіїв МТА на ґрунт супроводжувалися її найменшим ущільненням і розпиленням. Вирішення цієї проблеми лежить у виборі таких ходових систем, які при русі машин по полю не погіршували б фізико-механічні та біологічні властивості ґрунтів.

Результати експериментальних досліджень колісно-гусеничного трактора ХТЗ-280Т з гумово-гросовими гусеницями представлено у роботі [7]. При цьому досліджувалась можливість та ефективність агрегування з зарубіжними машинами, в даному випадку сівалкою Джон Дір 7200. Дослідження показали, що агрегат, що складався з трактора ХТЗ-280Т та вказаної сівалки, забезпечив високу продуктивність – 13,0 га за 1 годину основного часу, та досить низькі витрати палива 2,2 л/га, що на 40% менше, ніж при використанні агрегату, що складався з трактора Т-150К та вітчизняної сівалки СУПН-12.

У дослідженні [8] встановлено можливість агрегування трактора з

серійними плугами ПН-8-35 та ПЛН-5-35, забезпечуючи при цьому задовільну якість оранки. Одержані при дослідженнях показники по надійності окремих вузлів трактора, їх конструктивній досконалості є матеріалом для заводу для подальшого вдосконалення трактора ХТЗ-280Т.

Було проведено експериментальні дослідження динамічних та тягово-енергетичних характеристик трактора ХТЗ-280Т з гусеничними рушіями в складі орного агрегату з плугом ПЛН-8-35 [9], але тягові випробування не вдалося провести в повному обсязі.

Метою статті є аналіз результатів експериментальних досліджень тягової динаміки чотирьох гусеничного трактора ХТЗ-280Т.

Результати досліджень. Під час проведення попередніх досліджень не визначалися показники тягової динаміки трактора. Тому, восени 2017 року було проведено випробування трактора ХТЗ-280Т на навчальному полі ХНТУСГ ім. П. Василенка (м. Мерефа). Метою проведення випробувань є оцінка ефективності роботи трактора ХТЗ-280Т та визначення його тягово-енергетичних і динамічних показників.

Трактор сільськогосподарського призначення – основна рушійна сила в мобільній енергетиці агропромислового комплексу, тому він знаходиться в безперервній динаміці розвитку і вдосконалення. Нині Харківський тракторний завод пропонує ринку свою нову модель колісно-гусеничного трактора зі змінними ходовими системами ХТЗ-280Т, який повинен відповідати вимогам сучасності (рис. 1).



Рис. 1 – Трактор ХТЗ-280Т

При створенні та впровадженні нової сільськогосподарської техніки важливу роль відіграє широка система заводських, відомчих і державних випробувань, покликана забезпечити своєчасне доведення, всебічну перевірку і відбір для виробництва найбільш перспективних конструкцій машин і

комплексів. Випробування машин є джерелом даних, необхідних для перевірки технічних рішень як розрахунковими, так і польовими методами. До випробувань залучаються самі кваліфіковані фахівці.

Тягові показники визначають у функції крюкового навантаження, прикладеного до тягово-зчіпного пристрою. Методика таких випробувань тракторів регламентована ДСТУ ГОСТ 7057:2003 [10]. При тягових випробуваннях трактор завантажують спеціальним динамометричним трактором. За допомогою цього трактора створювався змінний опір руху і завантажують трактор в широкому діапазоні тягових зусиль.

Програма випробувань включала в себе проведення наступних видів робіт:

- підготовка трактора до експериментальних (польових) випробувань;
- зняття тягових характеристик трактора.

Визначення динамічних і тягово-енергетичних показників трактора ХТЗ-280Т відбувалося:

- під час руху одиночного трактора по полю на транспортних передачах для визначення динамічних радіусів зірочок;
- під час руху трактора ХТЗ-280Т, до якого через тензометричний датчик і трос, приєднувався трактор К-700 і плуг ПНЛ-8-35 для визначення тягових характеристик.

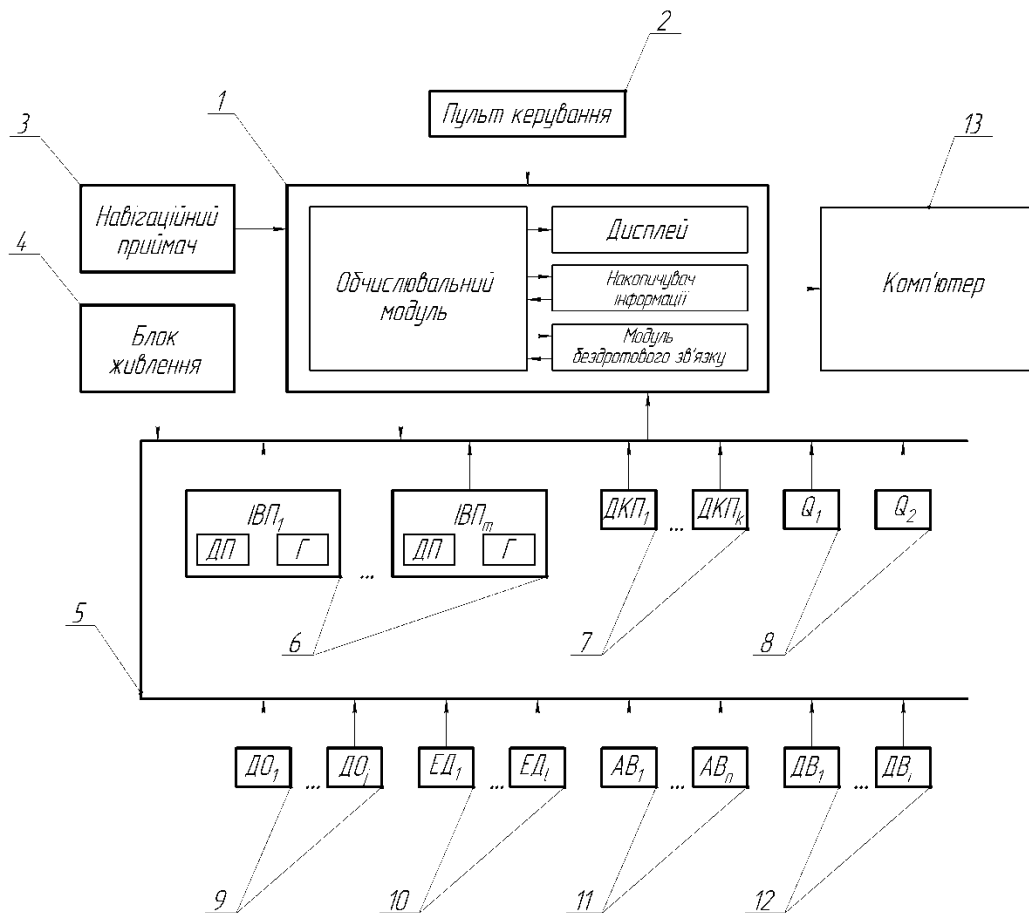


Рис. 2 – Структурна схема вимірювальної системи: 1 – обчислювальний модуль; 2 – пульт керування; 3 – навігаційний пристрій; 4 – блок живлення; 5 – шина даних CAN; 6 – інерційний вимірювальний пристрій; 7 - датчик куту повороту; 8 – витратомір палива; 9 – датчик обертів; 10 – електронний динамометр; 11 – аналогові входи; 12 – дискретні входи

При проведенні випробувань трактора ХТЗ-280Т, визначалися наступні показники його роботи: сила тяги на різних передачах; дійсна швидкість руху; буксування рушіїв; динамічні радіуси зірочок. Додатково визначалися: тягова потужність (розрахунковим методом); траєкторія руху трактора; вібрації.

При проведенні випробувань використовувалася «Вимірювальна система динаміки і енергетики мобільних машин» [11-14], структурну схему якої наведено на рис. 2, яка включала обчислювальний блок, ноутбук і такі датчики:

- інерційно-вимірювальний пристрій (ІВП) – це поєднання в одному корпусі трьох осьових акселерометра і гіроскопа;
- навігаційний приймач GPS, антена якого розташовувалася на даху трактора; датчики швидкості обертання коліс, які встановлювалися співвісно з бортовими редукторами трактора;
- датчик тягового зусилля (електронний динамометр).

Показники стану ґрунту на полі, де проводилися випробування, представлено в табл. 1. Аналіз даної таблиці показує, що вологість ґрунту в шарах 0-5 см, 5-10 см, 10-15 см і 15-20 см перебувала в межах 25%, 18%, 12%, 12% відповідно. Твердість ґрунту в тих же шарах становила 2,9 / 3,86 МПа, 3,4 / 3,8 МПа, 3,0 / 4,01 МПа, 2,9 / 6,2 МПа.

Таблиця 1 – Стан ґрунту під час проведення випробувань

Показник	Одиниця виміру	Значення показників
Попередня культура на полі	-	Озима пшениця
Висота стерні на полі	см	5-10
Вологість ґрунту в шарі:	%	
0-5 см		25,0
5-10 см		12
10-15 см		9
15-20 см		9
Твердість ґрунту в шарі:	МПа	
0-5 см		2,9/3,86*
5-10 см		3,4/3,8*
10-15 см		3,0/4,01*
15-20 см		2,9/6,2*
Глибина обробки ґрунту	см	0-25,1
Засміченість стерновими залишками	шт / м ²	280,0

Стан ґрунту (табл. 1) не відповідає нормативній для проведення тягових випробувань згідно до ДСТУ ГОСТ 7057:2003 [10]. Вологість у верхніх шарах ґрунту становила 25%. На рис. 3 наведено зовнішній вигляд ґрунту при проведенні випробувань, ґрунтозачепа трактора забивалися верхніми шарами ґрунту, що знижувало тягові показники трактора.

Буксування трактора надає значний вплив на його тягову характеристику і тим самим на енергетичний баланс, енергетичний потенціал продуктивності і безпосередньо на продуктивність агрегату.

На першій стадії досліджень було поставлено завдання отримання емпіричного виразу коефіцієнта буксування. Для отримання аналітичного виразу буксування в процесі досліджень було вивчено понад 50 тягових характеристик.

У відповідності до ГОСТ 24055-2016 [15] проведено випробування трактора ХТЗ-280Т, результати яких наведено на рис. 4–7.



Рис. 3 – Стан ґрунту при проведенні випробувань

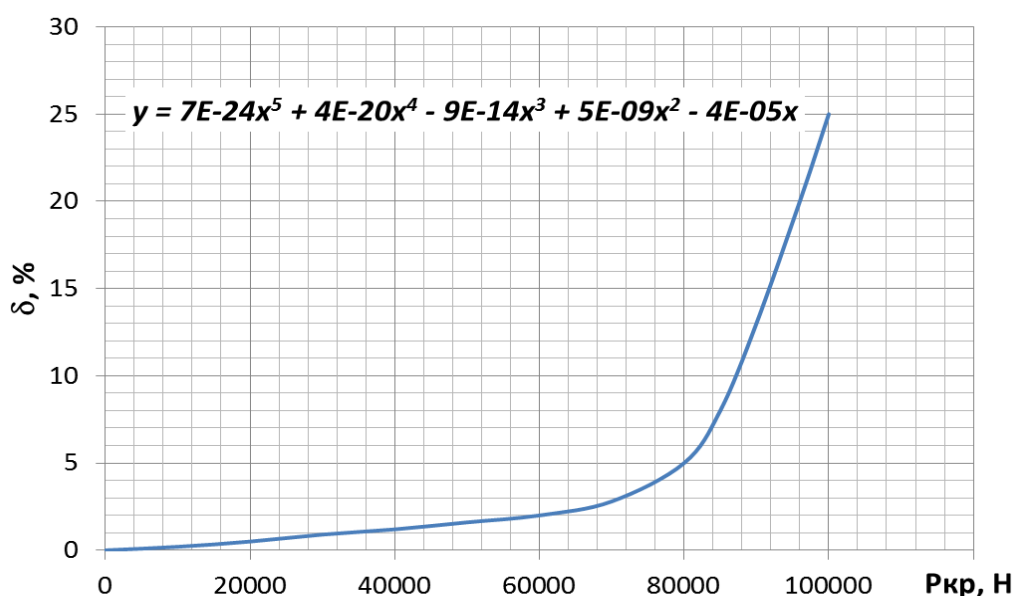


Рис. 4 – Залежність буксування трактора ХТЗ-280Т

Для трактора ХТЗ-280Т залежність буксування від сили тяги на гаку має вигляд:

$$\delta = 7 \cdot 10^{-24} \cdot P_{кр}^5 + 4 \cdot 10^{-20} \cdot P_{кр}^4 - 9 \cdot 10^{-14} \cdot P_{кр}^3 + 5 \cdot 10^{-9} \cdot P_{кр}^2 - 4 \cdot 10^{-5} \cdot P_{кр} . \quad (1)$$

На наступній стадії досліджень було визначено та побудовано залежності сили тяги на гаку $P_{кр}$ від дотичної сили тяги P_H (рис. 5, а) та буксування δ від сили тяги на гаку $P_{кр}$ (рис. 5, б); залежності теоретичної швидкості руху v_T та дійсної швидкості руху v_p від сили тяги на гаку $P_{кр}$ (рис. 6), залежності потужності на гаку $N_{кр}$ і тягового ККД η_T від сили тяги на гаку $P_{кр}$ (рис. 7).

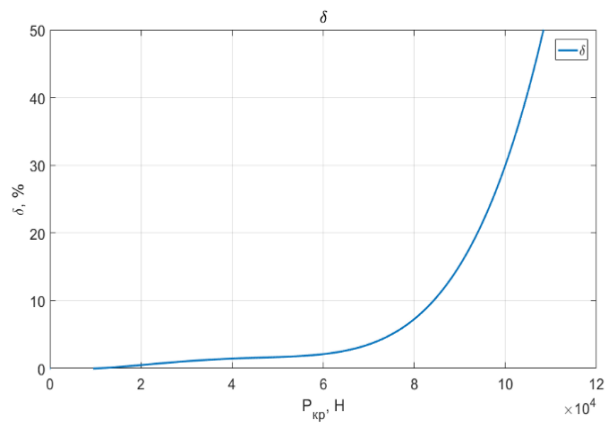
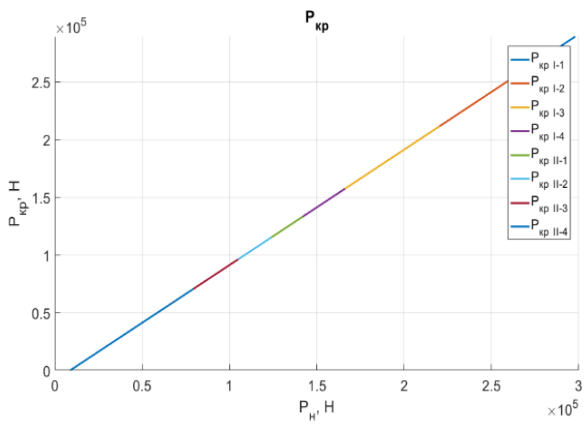


Рис. 5 – Залежність сили тяги на гаку $P_{кр}$ від дотичної сили тяги $P_{н}$ (а) та залежність буксування δ від сили тяги на гаку $P_{кр}$ (б)

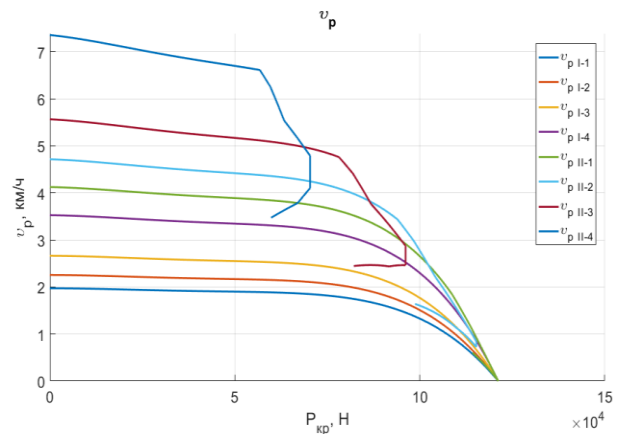
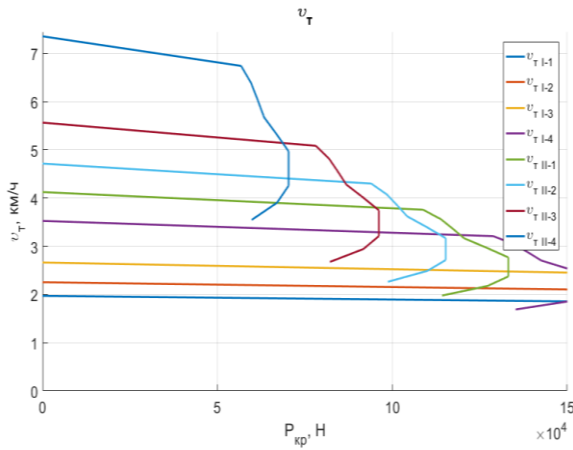


Рис. 6 – Залежність теоретичної швидкості руху $v_{т}$ (а) та дійсної швидкості руху $v_{р}$ (б) від сили тяги на гаку $P_{кр}$

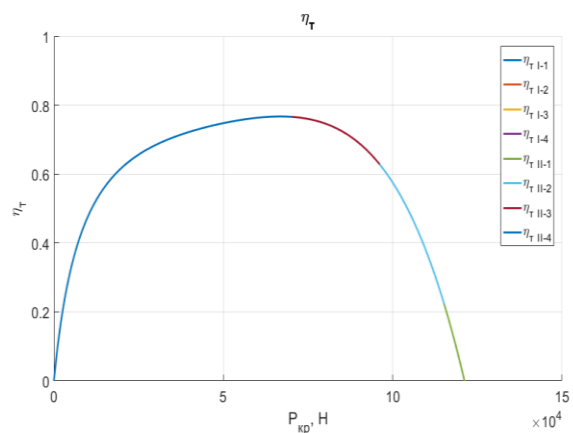
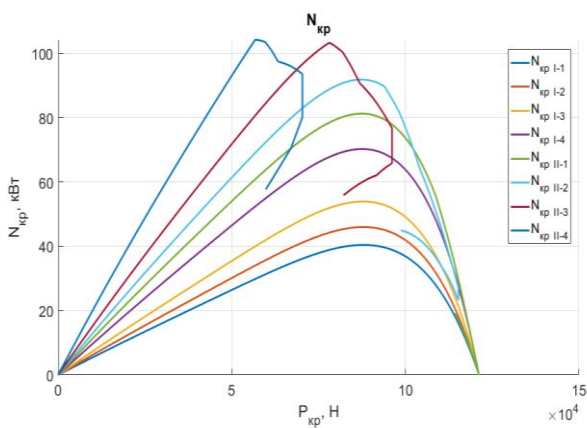


Рис. 7 – Залежність потужності на гаку $N_{кр}$ (а) і тягового ККД $\eta_{т}$ (б) від сили тяги на гаку $P_{кр}$

Висновки

1. Під час проведення випробувань трактора ХТЗ-280Т стан ґрунту не відповідав нормативному. Вологість у верхніх шарах ґрунту на момент проведення випробувань становила 25%. Ґрунтозацепи забивались ґрунтом.

2. Максимальна тягова потужність $N_{кр} = 108$ кВт досягається при $v = 6,8$ км/год, тяговому ККД $\eta_t = 0,77$ і силі тяги на гаку $P_{кр} = 75$ кН. Максимальне буксування гусениць трактора, що встановлено агротехнічними вимогами ($\delta = 7,5\%$), досягається при силі тяги на гаку $P = 85$ кН.

Список використаних джерел

1. Анохин В. И. Использование мощности и экономичности двигателя сельскохозяйственного трактора с механической и гидромеханической трансмиссией. – ВИ Анохин. Докл. ТСХА, 1963. – №. 81. – С. 28-35.
2. Гуськов В. В. Оптимальные параметры сельскохозяйственных тракторов. – 1966. - 214 с.
3. Кутьков Г. М. Тяговая динамика тракторов // М.: Машиностроение. – 1980. - 212 с.
4. Белов Г. Д. Уплотнение почвы тракторами и урожай / Г. Д. Белов, А. П. Подолько. Земледелие. 1977. - №9. С. 8-10.
5. Галич І. В., Антощенко Р. В. До аналізу впливу коливань елементів машинно-тракторного агрегату на динамічні та експлуатаційні показники // Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. – 2017. – №. 9. – С. 103-107.
6. Антощенко Р. В., Кашин Д. В. Аналіз буксування двигателів машинно-тракторного агрегату // Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету. – 2015. – №. 5, Т. 1. – С. 47-52.
7. Харченко С. О., Кірієнко М. М., Циганенко М. О. та ін. Випробування першого українського колісно-гусеничного трактора ХТЗ-280Т з гумово-тросовими гусеницями // Інженерія природокористування. – С. 24. – 2015. №2, С 24-24
8. Харченко С. О., Кірієнко М. М., Циганенко М. О. та ін. Дослідження роботи універсального колісно-гусеничного трактора ХТЗ-280Т // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – 2015. – №. 156. – С. 180-184.
9. Антощенко Р. В., Антощенко В. М., Іванов В. І. Дослідження динаміки трактора ХТЗ-280Т зі змінними колісно-гусеничними системами // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – 2015. – №. 160. – С. 151-159.
10. ДСТУ ГОСТ 7057:2003 Трактори сільськогосподарські. Методи випробування. – К.: Держспоживстандарт України. – 2003. – 13 с.
11. Антощенко Р. В. Динаміка та енергетика руху багатоелементних машинно-тракторних агрегатів: монографія / Р. В. Антощенко. – Х.: ХНТУСГ, «Міськдрук», 2017. – 244 с.

12. Антощенко Р. В., Антощенко В. М. Спосіб та вимірювальна система для визначення енергетичних витрат мобільної машини // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – 2014. – №. 145. – С. 211-216.
13. Пат. 92889 Україна, МПК В60К 31/00, G05D 3/00. Вимірювальна система динамічних та тягово-енергетичних показників функціонування мобільних машин / Антощенко Р.В., Антощенко В.М.; заявник Антощенко Р.В., Антощенко В.М. – № у 2014 03215; заяв. 31.03.14; надрук. 10.09.14, Бюл. № 17.
14. Пат. 96661 Україна, МПК В60В 39/00. Спосіб визначення буксування коліс мобільної машини / Антощенко Р.В., Антощенко В.М.; заявник Антощенко Р.В., Антощенко В.М. – № у 2014 09937; заяв. 10.09.14; надрук. 10.02.15, Бюл. № 3.
15. ГОСТ 24055-2016 «Техника сельскохозяйственная. Методы эксплуатационно-технологической оценки». – 2016. – 23 с.

Аннотация

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ТЯГОВОГО ДИНАМИКИ ЧЕТЫРЕХ ГУСЕНИЧНОГО ТРАКТОРА ХТЗ-280Т

Шаповалов Ю. К., Мельник В. И., Антощенко Р. В., Антощенко В. Н., Кись В. Н., Галич И. В., Никифоров А. А., Богданович С. А., Лукьяненко А. В.

В работе приведены результаты тяговых испытаний четырех гусеничного трактора ХТЗ-280Т полученных с помощью измерительной системы динамики и энергетики мобильных машин. Построены зависимости буксования гусениц, теоретической, действительной скоростей и тяговой мощности трактора от силы тяги на крюке.

Abstract

RESULTS OF EXPERIMENTAL INVESTIGATIONS OF THE PULLING DYNAMICS OF FOUR TRACKS TRACTOR XT3-280T

Y. Shapovalov, V. Melnik, R. Antoshchenkov, V. Antoshchenkov, V. Kis', I. Galych, A. Nikiforov, S. Bogdanovich, A. Lukyanenko

The paper presents the results of traction pulling tests of four caterpillar tractor XT3-280T obtained with the measuring system of dynamics and power of mobile machines. The dependencies of slipping of tracks, theoretical, actual speeds and traction power of the tractor on the hook force are constructed.

ВЛИЯНИЕ НЕОДНОРОДНОСТИ НАПЛАВЛЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ

Коломиец В. В., д.т.н., Антощенко Р. В., к.т.н., Ридный Р. В., к.т.н,
Богданович С. А., к.т.н.

*Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства
имени Петра Василенка*

Рассмотрено разрушение неоднородных наплавленных материалов резаками из твердого сплава и сверхтвердого материала на основе нитрида бора. Проведено исследование и рассчитаны характеристики неоднородности наплавленных материалов и характеристики их обрабатываемости. Установлено взаимовлияние и взаимосвязь физико-механических характеристик процесса резания и характеристик обрабатываемости наплавленных материалов деталей тракторов. На основе исследований проведена оптимизация процесса резания неоднородных наплавленных материалов и установлена зависимость для определения оптимальной скорости резания.

Введение. Согласно представлениям классической теории обрабатываемость материала выявляется через деформации и напряжения в зоне резания, силы и температуры резания, износ и стойкость режущего инструмента, производительность и качество обработки поверхностей [1]. Обрабатываемость материалов в последнее время рассматривается по влиянию свойств материалов на их способность изнашивать и разрушать режущую часть инструмента, по способности свойств материалов сопротивляться резанию, по характеристикам качества обработанной поверхности.

Однако практикой установлено, что различные методы получения заготовок и восстановления деталей приводят к получению неоднородного материала, имеющего не одинаковые физико-механические свойства, структуру, химический состав и различного рода дефекты наружных и внутренних слоев [2]. Это проявляется при изготовлении деталей на стойкости инструментов, на качестве обработанного слоя и сказывается в процессе эксплуатации деталей машин и изделий. Так при получении заготовок методами литья на их поверхности, кроме больших макро неровностей, образуются различного рода дефекты [3] и литейная корка со свойствами, иногда, сильно отличающимися от свойств основного материала. При получении заготовок прокаткой образуется поверхностный слой с различного рода дефектами деформирования – трещинами, рыхлотой, раковинами, неточностью размеров и формы [4]. Заготовки, полученные поковкой и штамповкой, обычно также имеют деформационное упрочнение поверхностных слоев. Кроме того в поверхностных слоях этих заготовок образуются поры, раковины, смещения, неточности размеров и формы, трещины и другие виды дефектов. Неоднородность материала может быть также структурной, вызванной $\alpha - \gamma$

превращениями, фазовой из-за химической неоднородности и кристаллической из-за скопления дислокаций [5].

Больше всего неоднородность, нестабильность и дефектность материала наблюдается при восстановлении изношенных деталей машин различного вида наплавками, покрытиями, напылением и сваркой. При наплавке материала образуются макро неровности на поверхности, химическая неоднородность наплавленного материала, нестабильность физико-механических свойств, структурная неоднородность, внутренние микро дефекты наплавленного материала и зоны сплавления [6].

Своими особыми физико-механическими свойствами поверхностные слои заготовок оказывают большое влияние на обрабатываемость их резанием при всех видах обработки. Само название обработка поверхностного слоя резанием в технической литературе встречается часто в самых различных вариантах. Например: обработка материала по корке, обработка поверхностного слоя, обработка наружного дефектного слоя и т. д. Эти термины далеко не полностью отражают суть процесса. Например: обработка по литейной корке и обработка после удаления литейной корки, черновая обработка и т. д. Под этими различными названиями обработки понимают только удаление поверхностного, дефектного слоя заготовки или восстановленной детали.

Срезание дефектного слоя всегда приводило к уменьшению стойкости любых режущих инструментов из-за нестабильности процесса резания, при котором всегда возникают колебательные нагрузки, а с ними появляется нестабильность всего процесса резания. Это явление противоречит характеристикам процесса резания, таким как усадка стружки и трение, силы резания и температуры резания, которые всегда меньше при резании дефектного слоя по сравнению со слоями у которых меньше дефектов.

В классической теории обрабатываемости материалов, которая занималась в основном исследованиями обрабатываемости сплошных однородных материалов, недостаточно точно понимались и объяснялись явления, происходящие при удалении различных по глубине слоев обрабатываемого материала. Поэтому в последние годы в науке о резании материалов появились такие термины как нестационарное температурное поле, нестационарный процесс обработки резанием и др. Процессы обработки материалов резанием стали разделять на стационарные и нестационарные и предлагать различные методики расчета характеристик процесса резания, особенно тепловых явлений при резании и прочности инструмента [7]. В этих работах под нестационарностью процесса обработки понималась только прерывистая обработка при точении, фрезеровании и шлифовании [8].

Однако в перечисленных работах ничего не раскрывается о состоянии самого обрабатываемого материала, т.е. не рассматривается его послойная обработка, а понимается, что весь материал однороден. Это далеко неверно и состояние поверхностного слоя во многом зависит от метода получения заготовки, химического состава материала, термической обработки, воздействия силового и температурного поля, а иногда ударных импульсов взрывных волн или магнитного поля.

Неоднородный материал, движущийся относительно режущего инструмента является сам нестационарным, т. к. в различный период времени он приводит к нестационарному процессу резания. Явление не стационарности движущего обрабатываемого материала во многих случаях объясняет противоречия между свойствами материала и его обрабатываемостью резанием. Важно как определить влияние неоднородности движущего материала на не стационарность процесса резания, которая возникает от его характеристик неоднородности, какие критерии необходимо учитывать при оптимизации характеристик обрабатываемости материалов с различной степенью неоднородности.

Количественной характеристикой не стационарности процесса резания неоднородного движущегося материала может быть коэффициент неоднородности обрабатываемого слоя материала, определяемый суммой коэффициентов неоднородности по отдельным признакам неоднородности по сравнению с обработкой однородного материала принятого за эталон согласно стандартам. Установление влияния неоднородности движущегося обрабатываемого материала на характеристики не стационарности процесса резания является прямым доказательством взаимосвязи неоднородности различных слоев материала с их различной обрабатываемостью резанием.

Научная новизна определения влияния неоднородности срезаемых слоев материала на нестационарность процесса резания состоит в том, что рассматривается влияние отдельных характеристик неоднородности на характеристики обрабатываемости данного материала. Это послужило началом развития новых направлений в теории улучшения обрабатываемости резанием твердых тел.

Дальнейшие исследования влияния неоднородности обрабатываемых материалов на характеристики их обрабатываемости могут способствовать разработке материалов и способов получения заготовок с меньшей неоднородностью. Это будет приводить к повышению стойкости режущих инструментов из всех инструментальных материалов и улучшению качества обработанного поверхностного слоя. В конечном итоге уменьшение влияния неоднородности обрабатываемых материалов на характеристики обрабатываемости будет приводить к улучшению эксплуатационных характеристик изготавливаемых и восстанавливаемых деталей машин и изделий. Стабилизация характеристик неоднородности обрабатываемых слоев материалов позволяет автоматизировать многие процессы механической обработки материалов, что делает возможным процессы резания перевести в стационарные и уменьшить припуски на обработку.

Теоретическая часть.

В науку об обрабатываемости твердых тел резанием следует ввести понятия и термины стационарный и нестационарный процесс резания, вызванный неоднородностью движущегося материала, которые расширят представления о качестве обрабатываемых материалов и сделают возможным проведение большего дифференцирования процессов обработки, что позволит выполнить более точную их оптимизацию в различных условиях.

Термин «однородный материал» в металлообработке следует понимать как движущийся относительно инструмента материал с постоянными физико-механическими свойствами, химическим составом, структурой, отсутствием дефектов и макро неровностей, неправильности формы и неточности размеров.

Термин «неоднородный материал» следует понимать как движущийся относительно инструмента материал с непостоянными для данного материала физико-механическими свойствами. Он имеет отклонения химического состава, наличие внутренних и наружных дефектов, с макро неровностями на наружных поверхностях. Ему свойственна неправильность геометрической формы со значительной неточностью получаемых размеров, а также с неодинаковой в разных слоях структурой. В нем есть большие скопления дислокаций, наклеп наружных поверхностей и остаточные напряжения в поверхностном слое заготовки или восстанавливаемой детали, которые приведут к ухудшению эксплуатационных характеристик деталей и машин.

Таким образом, введенные термины представляют собой обобщенные свойства обрабатываемых материалов, позволяющие комплексно оценить их влияние на работоспособность инструментов. Важное практическое значение приобретает уточнение названий, количественная оценка и классификация неоднородных материалов, позволяющая однозначно определять разновидности неоднородности и облегчать выбор мер их предупреждения или достижения определенных величин.

Классификация неоднородных материалов.

1. По отношению к поверхности материал может характеризоваться наружной и внутренней неоднородностью. Под наружной неоднородностью материала следует понимать макро неровности на поверхности заготовки на границе с окружающей средой. Под внутренней неоднородностью материала следует понимать неоднородность внутренних слоев материала не граничащих с окружающей средой.

2. По признакам неоднородности материал можно отнести к неоднородным материалам из-за:

- наличия макро неровностей и дефектов на поверхности заготовки или восстанавливаемой детали;
- нестабильности физико-механических свойств обрабатываемого слоя материала;
- неоднородности химического состава обрабатываемого слоя;
- неоднородности структуры и кристаллографического строения;
- наличия внутренних дефектов;
- отклонение геометрической формы и точности размеров;
- наличия больших величин остаточных напряжений и наклепанного или упрочненного слоя;
- наличия большого скопления дислокаций.

3. По способу происхождения неоднородности материала ее можно назвать металлургической, термической, от предыдущей обработки, от коррозии с течением времени, от фазовых и структурных превращений со временем.

4. По сохранению после обработки неоднородность материала может быть

устранима, частично устранима и остаточная.

Рассмотрим классификацию обрабатываемых материалов по признакам неоднородности применительно к наплавленным материалам.

Под признаком макронеровности и дефекты на наплавленной поверхности следует понимать образование металлургическим путем различного характера неровностей не предусмотренных стандартами. Их можно оценить высотой, периодичностью, плотностью расположения на единице площади или спектральной плотностью, глубиной проникновения и рассчитать коэффициент вариации данного параметра. На рис. 1 показаны виды наружной неоднородности различных поверхностей и видов их происхождения.

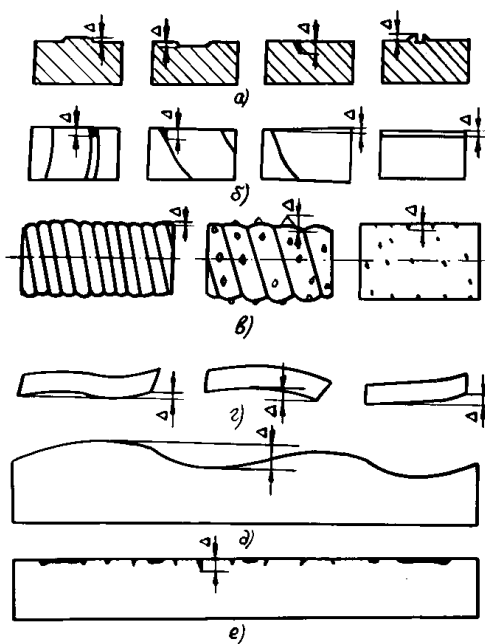


Рис. 1 – Виды наружной неоднородности материалов: а – литейные; б - прокатные; в – наплавочные; г – термические; д – от предыдущей обработки; е – от коррозии

Неоднородность материала по этому признаку чрезвычайно сильно влияет на обрабатываемость инструментами из всех существующих инструментальных материалов. Постоянные изменения глубины резания при срезании макро неровностей приводят к колебаниям сил резания, что приводит к нестационарному процессу резания и быстрому износу режущих инструментов.

Признак неоднородность материала по физико-механическим свойствам может относиться только к наплавленному поверхностному слою, в котором эти свойства отличны от свойств внутренних слоев материала детали. В этом слое может быть нестабильная твердость, прочность, текучесть и другие физико-механические характеристики. Из-за их нестабильности при обработке таких слоев возникают переменные, колебательные нагрузки, которые вызывают ускоренный износ режущих инструментов. Слой материала с таким видом неоднородности необходимо удалять полностью или частично.

Неоднородность материала, вызванная нестабильностью химического состава, наблюдается в наплавленном слое и зоне сплавления. При обработке таких слоев резанием также возникают колебательные нагрузки, которые

приводят к ускоренному износу инструмента.

Наличие внутренних дефектов в наплавленном материале является одним из главных признаков его неоднородности, который влияет на физико-механические свойства, качественные характеристики восстановленной детали, которые вызывают значительное ухудшение эксплуатационных характеристик детали. Каждый внутренний дефект является концентратором остаточных напряжений в обрабатываемом слое. Поэтому наплавленные материалы являются неоднородными до и после любого вида обработки.

Таким образом, можно утверждать, что в наплавленном материале существуют перечисленные виды дефектов и при его обработке резанием он всегда неоднороден и приводит к нестационарным процессам резания, которые влияют на стойкость инструмента и качество восстановленной детали. При обработке наплавленных материалов независимо от их свойств в момент перерезания шва между валиками будут происходить сложные колебательные нагрузки на режущий инструмент, что будет также вызывать не стационарность процесса обработки.

Механическая обработка резанием наплавленных материалов является универсальной операцией, которая должна обеспечить необходимые производительность и технологичность сохранения достигнутых свойств материала или даже их повысить [9]. В настоящее время установлены общие закономерности процесса резания неоднородных наплавленных материалов, но не вскрыты их отличительные особенности, определяемые процессами резания относительно однородных конструкционных материалов. Поэтому проблема оптимизации процесса обработки неоднородных наплавленных материалов, широко применяемых для восстановления изношенных деталей тракторов и других машин, является одной из главных проблем в ремонтном производстве, решение которой позволит прогнозировать и обеспечить работоспособность различных инструментальных материалов.

Объектом исследования является оптимизация процесса обработки резанием неоднородных наплавленных материалов деталей тракторов.

Цель исследования. Выявить и обосновать причины низкой стойкости инструмента из твердых и сверхтвердых материалов на основе нитрида бора при чистовом точении неоднородных наплавленных материалов изношенных деталей машин, работающих в аналогичных условиях. Установить оптимальные скорости резания и их зависимости при обработке других наплавленных материалов.

Методы исследования. Для проведения исследований был выбран наплавочный материал, отличающийся неоднородным химическим составом, физико-механическими свойствами, способами наплавки и неоднородностью сформированного восстановительного покрытия **Нп – 30ХГСА (HRC 32-36)** под слоем флюса АН – 348. Для исследований на первом этапе использовали специально изготовленные образцы, а на втором - производственно отобранные детали тракторов типа изношенных валов, кронштейнов, карданов и барабанов. Наплавку проводили по оптимальным режимам в лабораторных и производственных условиях ремонтных предприятий. В качестве

инструментальных материалов были выбраны – 2-х карбидный твердый сплав типа Т15К6, который широко применяется в машиностроении для обработки деталей из выбранных материалов и сверхтвердый материал на основе нитрида бора типа гексанит – Р (композит – 10). Опыты проводили на токарных станках. Силы резания и трения определяли с помощью динамометров типа УДМ-100 и УДМ-600. Температуры резания определяли методом искусственной термопары с комплектом усиливающей и регистрирующей аппаратуры. Величину и характер износа резцов по задней поверхности оценивали на универсальном инструментальном микроскопе.

Результаты исследований и их обсуждение. Вначале исследовали характеристики неоднородности наплавленных материалов, а затем исследовали их влияние на обрабатываемость. Неоднородность наплавленных материалов оценивали по колебанию макро- неровностей, формируемых на поверхности наплавки, а также по наличию дефектов, которые оценивали по изменению микро пористости и трещинообразованию. Нестабильность физико-механических свойств, формируемого покрытия, оценивали по изменению микротвердости наплавленного слоя, а - основного химического состава оценивали по содержанию хрома, который оказывает основное влияние на износ режущих инструментов. Расчет коэффициентов неоднородности проводили с учетом каждой характеристики по стандартной программе путем определения коэффициентов вариации и их сложением [12]. За эталон обрабатываемости материала принята обрабатываемость углеродистой стали 45 в состоянии поставки, которая применяется для определения обрабатываемости сталей инструментами из твердых сплавов. Коэффициент вариации эталона, рассчитанный по достигаемым пределам микротвердости, кремния и углерода равен 0,024. Эта величина вариации принята для расчета неоднородности наплавленных материалов. Коэффициент неоднородности наплавленного материала является основной характеристикой обрабатываемости наплавленного слоя. Важным является определение взаимосвязи и влияния характеристик неоднородности наплавленных материалов на их обрабатываемость инструментами из различных инструментальных материалов. Проведенные исследования подтвердили необходимость получения такой информации взаимосвязей при оптимизации процесса резания неоднородных наплавленных материалов [13]. Определение характеристики нестабильности макро неровности проводили на токарном станке с помощью индикатора часового типа с ценой деления 0,01 мм. Вместо наконечника индикатор снабжали острым конусным щупом с углом при вершине 15-20° и радиусом закругления 0,01 мм. Установив начало отсчета по наибольшей впадине на наплавленной поверхности, определяли отклонения макро неровностей в 4^х взаимно перпендикулярных точках с шагом измерения 0,5 мм, поворачивая наплавленную поверхность и перемещая щуп. Такие измерения проводили в 200 точках наплавленного слоя на 8 образцах [14]. Определение разброса характеристик неоднородности по микро- пористости и трещинообразованию оценивали на специально изготовленных шлифах в точках на вершинах валиков и на стыках и также по 4^х взаимно перпендикулярным плоскостям, а также по

глубине с интервалом 0,2 мм в 200 зонах на 8 образцах. Определение характеристик нестабильности по микро твердости проводили на тех же шлифах, что и по оценке разброса показаний пористости. Определение характеристик нестабильности по химическому составу, в данном случае по хрому, проводили на тех же шлифах, что и измерение микротвердости на зондовом анализаторе «Камека» также в 200 точках на 8 образцах [15]. Все результаты измеренных характеристик неоднородности в наплавленных слоях проволокой Нп-30ХГСА представлены на рис. 2.

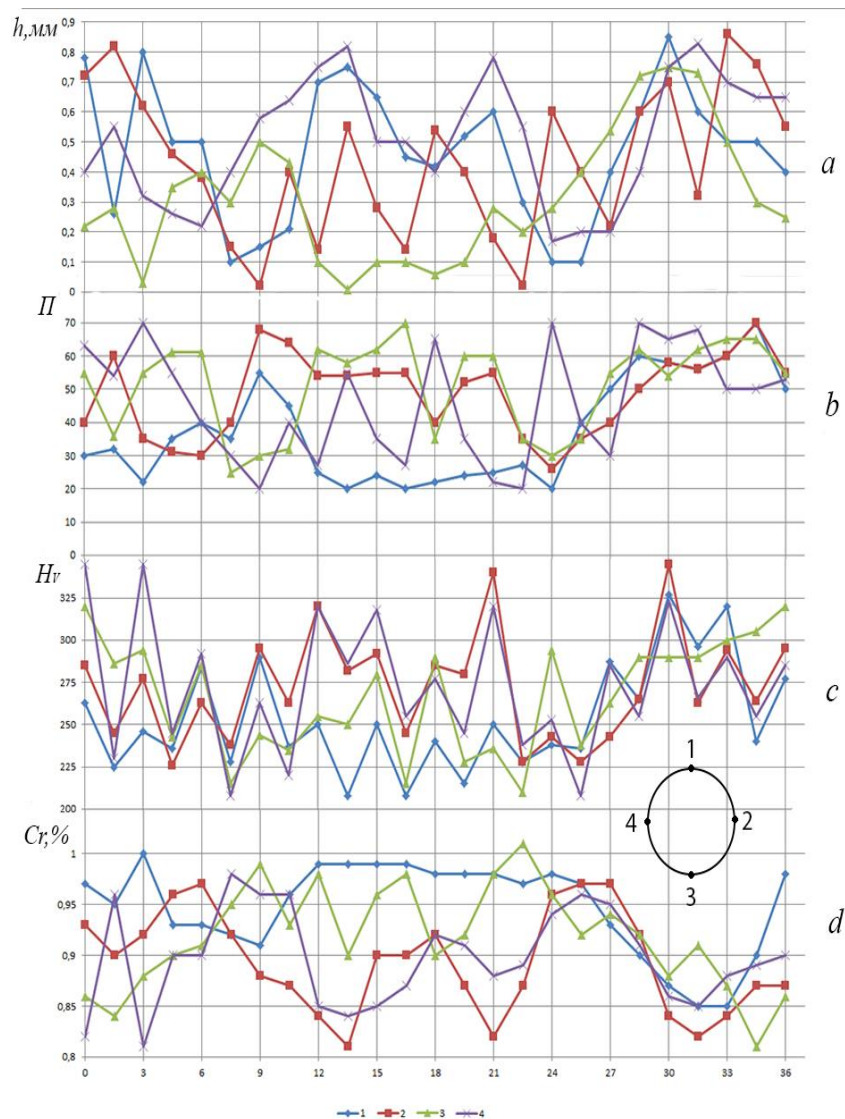


Рис. 2 – Колебания характеристик: а – макро неровности; б – микро пористости; с – микро твердости; д – содержания хрома в наплавленном слое. 1, 2, 3, 4 – точки измерения.

По полученным данным на рис. 2 определены средние отклонения параметров, дисперсии отклика и коэффициенты вариации параметров: макро неровностей, микро пористости, микро твердости и содержание хрома.

Таким образом, на первом этапе установили коэффициенты неоднородности наплавленных материалов, по которым можно судить об обрабатываемости наплавленных слоев.

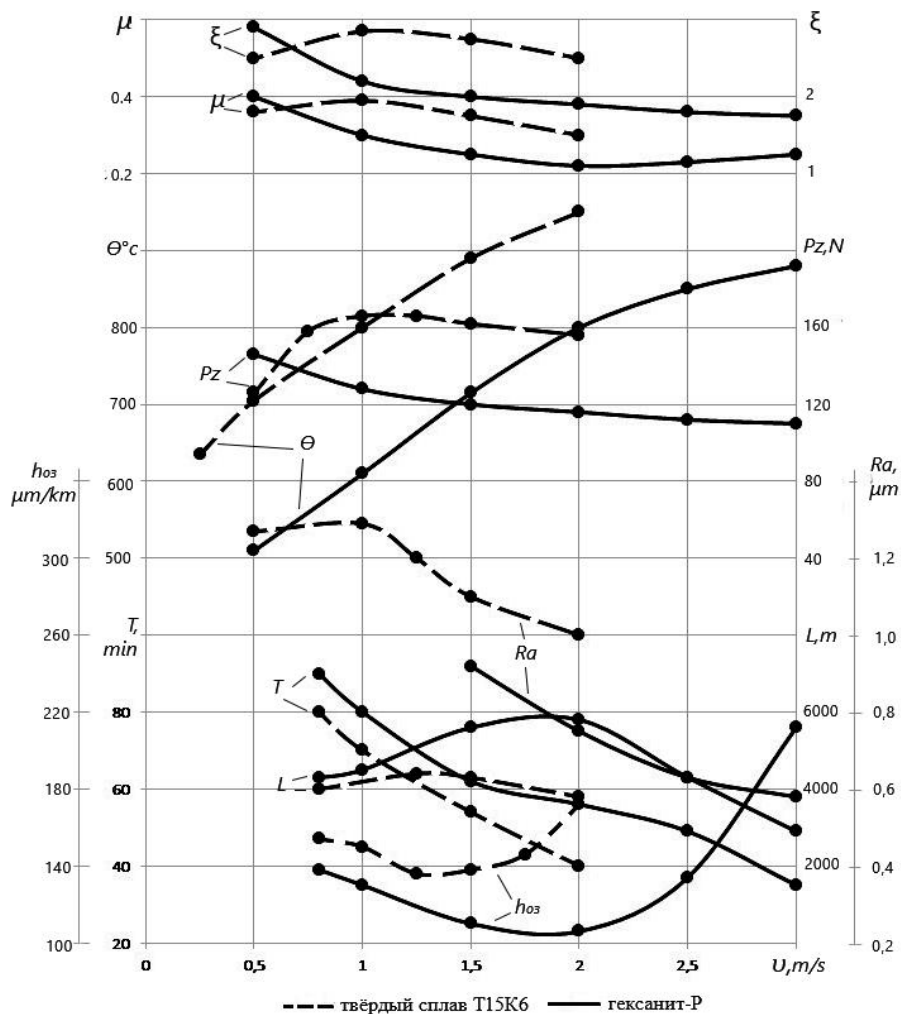


Рис. 3 – Влияние скорости резания на характеристики процесса точения материала Нп – 30ХГСА резцами из сплава Т15К6 и из гексанита – Р.

Обрабатываемость материалов резанием проявляется в условиях воздействия на него инструментом в технологическом процессе обработки. Она выявляется через деформации в зоне резания, силы и температуры, износе и стойкости режущего инструмента, производительности и качестве обработанной поверхности. Установлено, что основным технологическим параметром, влияющим на стойкость инструмента, является скорость резания. Поэтому важно выявить влияние скорости резания на ряд характеристик процесса не отдельно, а в совокупности со всеми факторами и выявить какие между ними существуют взаимосвязи и зависимости. Определим влияние скорости резания на следующие основные характеристики при чистовом точении опытных наплавленных материалов: поперечную усадку стружки, средний коэффициент трения при моделировании μ , составляющую силу резания Pz и среднюю температуру резания $\theta^{\circ}C$, а также стойкость резца T , относительный его износ по задней поверхности h_{03} , путь резания L , и среднюю арифметическую высоту неровностей обработанной поверхности Ra . Этим установим взаимосвязь между физико-механическими характеристиками и характеристиками

работоспособности режущих инструментов при чистовой обработке наплавленных материалов с учетом оцененных коэффициентов их неоднородности [16]. На рис. 3 представлены изменения перечисленных усредненных характеристик от увеличения скорости резания при чистовом точении материала, наплавленного проволокой Нп – 30ХГСА резцами из твердого сплава Т15К6 и из сверхтвердого материала на основе нитрида бора гексанита – Р.

Из полученных зависимостей видно, что с увеличением скорости резания, величины коэффициентов усадки стружки и трения отличаются незначительно, но разница большая при точении резцами из твердого сплава Т15К6. По характеру изменения эти характеристики различны. Это можно объяснить наличием наростообразования при точении резцами из твердого сплава и его отсутствием при точении гексанитом – Р. Большие величины этих характеристик приводят и к увеличению сил резания при точении резцами из твердого сплава. Это вызывает повышение температуры в зоне резания при одинаковых скоростях обработки. Из расположения графиков видно, что характер изменения сил резания полностью аналогичен характеру изменения коэффициентов усадки стружки и трения, но их величины отличаются на 20 – 30%. Это приводит к образованию в зоне контакта повышенных температур резания. Различный характер и величины 4-х физико-механических характеристик (λ , μ , P_z , θ), в зависимости от увеличения скорости резания приводят и к различному характеру изменения 4-х характеристик работоспособности (T , L , h_{0z} , R_a) резцов из твердого сплава Т15К6 и резцов из сверхтвердого материала гексанита – Р при чистовом точении даже такого наплавленного материала как Нп – 30ХНСА с небольшой твердостью и неоднородностью. При этом резцы из Т15К6 имеют меньшую стойкость, характеризуются меньшим путем резания и большим относительным износом и, как следствие, большей шероховатостью обработанной поверхности. Проанализировав изменение всех характеристик процесса резания с увеличением скорости резания, можно определить оптимальные скорости резания. При чистовом точении наплавленного материала Нп – 30ХГСА резцами из твердого сплава Т15К6 – $V_{оп} = 1,2...1,5$ м/с. Резцами из гексанита – Р – $V_{оп} = 2,2...2,5$ м/с. При таких скоростях резания у резцов из этих инструментальных материалов будет примерно одинаковая их стойкость 60 минут, но различный пройденный путь резания, то есть производительность процесса резания большая у резцов из гексанита – Р, при лучшем качестве обработанной поверхности. Однако, учитывая сравнительно высокие цены на инструменты из сверхтвердых материалов на основе нитрида бора и небольшие размеры блоков поликристаллов из гексанита – Р, допускающих меньшее количество переточек, их можно рекомендовать только в редких случаях применять в таких условиях технологических процессов в ремонтном производстве. Так, например, при необходимости замены операции шлифования чистовым точением.

На основании проведенных исследований установлена общая зависимость для определения оптимальной скорости резания при чистовом точении наплавленных материалов, которая имеет вид:

$$V_0 = \frac{C_v \cdot \prod_{i=1}^n K_{vi}}{T^m \cdot S^{y_v} \cdot t^{x_v} \cdot K_H}$$

где: C_v – постоянный коэффициент, зависящий от свойств обрабатываемого наплавленного материала при оптимальных геометрических параметрах режущей части инструмента;

K_{vi} коэффициенты, учитывающие условия обработки данным инструментом;

K_H – коэффициент неоднородности обрабатываемого наплавленного материала.

При выбранных оптимальных геометрических параметров инструмента и принятых условиях процесса резания K_{vi} принимается равным единице. Показатели степеней при подаче, глубине резания и стойкости резца определялись при однофакторном эксперименте. Обработка результатов опытов позволила установить значение коэффициентов и показателей степени для расчета оптимальной скорости резания при обеспечении необходимой стойкости резцов из гексанита – Р - Т = 60 мин. (табл. 1).

Таблица 1 - Значения коэффициентов и технологических показателей оптимальной скорости резания наплавленного материала резцами из гексанита – Р.

Марка наплавленного материала	Твердость наплавленного слоя, HRC	Коэффициенты и показатели степени				
		C_v	K_H	Y_v	X_v	m
Нп – 30ХГСА	35	190	3,0	1,05	1,25	1,33

ПРИМЕЧАНИЕ: геометрические параметры резцов: $\gamma = -10^\circ$; $\alpha = \alpha_1 = 10^\circ$; $\varphi = 40^\circ$; $\varphi_1 = 20^\circ$; $\lambda = 0^\circ$; $lf = 0,2 \dots 0,4$ мм; или $r = 0,6 \dots 1,2$ мм; подача $S = 0,07 \dots 0,1$ мм/об; глубина резания $t = 0,2 \dots 0,3$ мм.

Таким образом, можно считать твердо установленным, что обрабатываемость резанием наплавленных материалов зависит от их неоднородности, которая приводит к нестационарности процесса резания. Знание и управление неоднородностью наплавленного слоя позволяет разрабатывать способы улучшения обрабатываемости наплавленного материала и улучшать долговечность восстановленных деталей машин. В результате проведенных исследований установлены преимущества применения резцов из сверхтвердого материала на основе нитрида бора гексанита – Р и приведены зависимости для определения оптимальной скорости резания при чистовом точении неоднородных наплавленных материалов.

Выводы. При обработке наплавленных материалов, кроме взаимосвязи и влияния физико-механических характеристик процесса обработки на характеристики работоспособности резцов и на обрабатываемость материалов оказывает большое влияние неоднородность наплавленного материала, которая выражается в характеристиках неоднородности: макро неровности, пористости,

микротвердости и ликвации химического состава срезаемых слоев. Показана эффективность их использования при оптимизации параметров процесса резания каждого неоднородного наплавленного материала. Резцы из сверхтвердого инструментального материала на основе нитрида бора типа гексанит – Р особенно эффективны при обработке наплавленных материалов с высокой неоднородностью и повышенной твердостью металла при скоростях резания, обеспечивающих температурный режим в 900...1050°C, который обеспечивается теплостойкостью инструментального материала.

Список использованных источников

1. Клушин М.И. Резание металлов. – М.; Машгиз, 1958. – 453 с.
2. Ящерицин П.И., Рыжов Э.В., Аверчиков В.И. Технологическая наследственность в машиностроении – Минск: Наука и техника, 1977. 240 с.
3. Куликов Г.Д. Современные способы восстановления деталей наплавкой. Челябинск: Южноуральское кН. Изд-во, 1974. – 182.
4. Лахтин Ю.М. Металловедение и термическая обработка металлов. М.: Металлургия, 1983. – 359 с.
5. Дьяченко С.С. Образование аустенита в железо-углеродистых сплавах. М.: Машиностроение, 1979, - 160 с.
6. Сварка в машиностроении. Справочник. Т. 2. /Под ред. А.И. Акулова. М.: Машиностроение, 1978. – 462 с.
7. Писаренко Г.С., Можаровский Н.С., Антипов Е.Д. Сопротивление жаропрочных материалов нестационарным и температурным воздействиям. – Киев: Наукова думка, 1974. – 200 с.
8. Соломенцев Ю.М., Басин А.М., Кухтин А.А. Определение стойкости режущего инструмента при нестационарном резании. /Станки и инструмент, 1981, №5. С. 16...18.
9. Физико-математическая теория процессов обработки материалов и технологии машиностроения. /Под общей ред. Ф.В. Новикова и А.В. Якимова. В десяти томах. – Т.3. «Резание материалов лезвийными инструментами». Одесса: ОНПУ. 2003. – 550 с. /Монография. Авторы: Новиков Ф.В., Якимов А.В., Коломиец В.В., Зубарь В.П. и др./.
10. Инструменты из сверхтвердых материалов. /Под ред. Н.В. Новикова и А.С. Клименко. - М.: Машиностроение, 2014 – 608 с
11. Коломиец В.В., Симоненко Ю.П., Кириченко Ю.В. Алгоритм определения коэффициентов неоднородности и обрабатываемости наплавленных материалов. /В кн. « Сборник научных трудов ХГАДТУ» Харьков. 1996. №4. С. 46.
12. Тищенко Л.Н., Коломиец В.В., Клименко С.А., Vijay Kumar, M.A. W Usmani, Фадеев В.А. Теоретическое обоснование взаимосвязи и взаимовлияния характеристик обработки резанием неоднородных наплавленных материалов /Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка

- «Ресурсозберігаючі технології, матеріали та обладнання у ремонтному виробництві», Харків. 2014. Вип. 146. С. 232...237.
13. Коломиец В.В., Лукьянов И.М., Фабричникова И.А., Ридный Р.В., Клименко С.А. Определение зависимости макронеровностей поверхности от способа наплавки и их влияния на обработку. /В кн. «Вісник інженерної академії України» №3. Київ. 2000. С. 252...255.
 14. Тищенко Л.Н., Коломиец В.В., Фадеев В.А., Любичева К.М., Клименко С.А., Виджай Кумар. Определение физических характеристик процесса резания наплавленных материалов инструментами из ПСТМ. /Материалы международной научно-практической конференции «Современная наука: проблемы, инновации, решения -11». Курск, КИСО (филиал (РГСУ), 2014. – С.113...116.
 15. Коломиец В.В., Тищенко Л.Н., Суглобова В.В., Любичева К.М., Клименко С.А., Виджай Кумар. Особенности изменения характеристик трения при резании наплавленных материалов. /Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка. Технічні науки. «Технічний сервіс АПК, техніка та технології у сільськогосподарському машинобудуванні». Харків, 2011. Вип. 115. С. 22...26.
 16. Коломиец В.В., Спольник А.И., Ридный Р.В., Любичева К.М., Карпова Л.В., Vijay Kumar. Влияние неоднородности наплавленных материалов на температуру резания. [Текст]. /Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка. «Ресурсозберігаючі технології, матеріали та обладнання у ремонтному виробництві». Харків, 2017. Вип. 183. С. 57...63.

Анотація

ВПЛИВ НЕОДНОРІДНОСТІ ОБРОБЛЮЄМОЇ МАТЕРІАЛІВ НА НЕСТАЦІОНАРНІСТЬ ПРОЦЕСУ РІЗАННЯ

Коломієць В. В., Антощенко Р. В., Рідний Р. В., Богданович С. А.

Розглянуто руйнування неоднорідних наплавлених матеріалів різцями із твердого сплаву і надтвердого матеріалу на основі нітриду бору.

Abstract

THE INFLUENCE OF HETEROGENEITY MATERIALS ON INSTABILITY THE PROCESSING OF CUTTING

V. Kolomiets, R. Antoshchenkov, R. Ridniy, S. Bogdanovich

The destruction of inhomogeneous deposited by incisors made of hard and super hard material based on boron nitride is considered.

РАЗРАБОТКА И ПРИМЕНЕНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТВЕРДЫХ СМАЗОК ПРИ ЛЕЗВИЙНОЙ И АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКЕ МЕТАЛЛОВ РЕЗАНИЕМ

Коломиец В. В., д. т. н., Антощенко Р. В., к. т. н., Кись В. М., к.т.н.,
Горбачева Т. В., Любичева К. М.

*Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства
имени Петра Василенка*

В работе рассмотрено влияние материалов твердых смазок на повышение стойкости режущих инструментов при их заточке и улучшении качества обработанной детали при абразивной обработке.

Введение. Применение смазочных материалов при резании металлов резко уменьшает трение в зоне резания. При этом уменьшаются силы резания, что способствует энергосбережению в целом. Особенно это относится к обработке труднообрабатываемых материалов при точении, сверлении, зенкерование и развертывании отверстий, шлифовании деталей и заточке инструментов из углеродистых, легированных и быстрорежущих сталей.

Изучению влияния различных жидких смазочно-охлаждающих и технологических сред в процессе различных способов обработки деталей резанием посвящено много работ [1, 2]. Разработке и применению твердых смазок при резании металлов недостаточно уделено внимания в учебных и исследовательских организациях во всех странах мира [3]. Поэтому разработке и применению твердых смазок при лезвийной и абразивной обработке металлов посвящены наши исследования, которые в настоящее время являются крайне актуальными.

Главная часть. Проведенными исследованиями установлено, что при механической обработке металлов резанием твердую смазку эффективно применять для повышения антифрикционных и противоизносных свойств режущих инструментов. Особенно рационально ее применять для сверл, зенкеров и разверток малых размеров при обработке отверстий в деталях из конструкционных, легированных и хромоникелевых нержавеющей сталей [4]. В этих условиях на режущих кромках инструмента создаются высокие удельные контактные нагрузки и температуры резания. Поэтому в состав твердой смазки вводят дисульфид и селенид молибдена как антифрикционные добавки для снижения температуры в зоне резания и уменьшения контактных нагрузок. Установлено, что церезин в этих условиях имеет хорошие смазочные свойства и повышает способность граничной пленки сопротивляться большим нагрузкам и температурам. Поэтому введение церезина в состав твердой смазки значительно повышает эффективность ее применения при отработке труднообрабатываемых материалов из нержавеющей и жаропрочных сталей и сплавов. Как пленкообразующее связывающее вещество в твердую смазку вводится силикат

натрия, препятствующий свариванию стружки с поверхностью инструмента и снижающий температуру в зоне обработки в целом. Это особенно важно для создания условий граничного трения при механической обработке лезвийными инструментами и абразивном шлифовании. Применение в твердой смазке указанных материалов обеспечивает образование сульфидов и оксидов металлов, стойких к истиранию и обладающих высокой химической стабильностью в условиях высоких удельных контактных нагрузок и температур.

Проведенными опытами установлено, что применение твердой смазки с указанными выше компонентами со стеариновой кислотой и серой при сверлении повышает стойкость сверл из быстрорежущей стали малых диаметров в 1,2...1,3 раза по сравнению с применением жидких смазочно-охлаждающих сред при требуемой шероховатости обработки [5].

Производственной практикой установлено также, что при шлифовании деталей из труднообрабатываемых сталей (коленвалы, зубчатые колеса, диски турбин) необходимо повышать их износостойкость путем снижения уровня растягивающих остаточных напряжений и наклепа обработанной поверхности [6]. В этих условиях обработки деталей также возникают высокие удельные контактные нагрузки и температуры, которые можно значительно снизить применением твердых смазок. В состав твердой смазки для шлифовальных кругов рационально применить диселенид молибдена, йодистый кадмий и окись гексафторпропилена, которая образует химически стойкие и термостойкие защитные пленки. В процессе обработки окись гексафторпропилена подвергается деструкции с образованием макрорадикалов с высокой реакционной способностью. Макрорадикалы, содержащие фтор, адсорбируются на ювенильных поверхностях обрабатываемых деталей и, оказывая слабое растягивающее действие, облегчают пластическое деформирование при съеме металла. Йодистый кадмий вводится в твердую смазку как антифрикционная добавка, обладающая высокими смазочными свойствами. В процессе обработки нейтральные молекулы йода разлагаются на радикалы, которые способствуют зарождению цепных реакций с образованием защитных пленок. Установлено, что такие защитные пленки имеют низкий коэффициент трения и сохраняют свои антифрикционные свойства при высоких температурах. Твердую смазку с указанными добавками наносят на поверхность абразивного круга после его правки. Опытами установлено, что применение твердой смазки позволяет уменьшить степень и глубину наклепанного слоя в обработанной детали и снизить остаточные растягивающие напряжения на 50...60%, что приводит к значительному повышению износостойкости поверхностей деталей.

Производственной практикой установлено, что широкое применение в твердой смазке церезина сдерживается большой его дефицитностью. Поэтому необходимо его заменять тальком с йодистым кадмием, которые в процессе, например, заточки сверл из быстрорежущей стали образуют на режущих кромках защитные пленки [7].

С целью дальнейшего повышения эффективности применения твердых смазок при заточке режущих инструментов из быстрорежущих сталей в

последнее время абразивные круги стали пропитывать полимерсодержащими материалами и материалами, которые используют в твердых смазках [8]. Пропитка абразивных кругов заключается во введении в круг полимерных компонентов с добавками полимерных активных веществ. При этом различают жидкую и сухую пропитку. Жидкая пропитка осуществляется путем свободного капиллярного заполнения пор круга жидкими импрегнирующими составами (самотвердеющими полимерными материалами) с добавлением диселенида и дисульфида молибдена и серы. После пропитки круги подвергаются сушке при температуре 70-80°C, при которой импрегнаторы отвердевают и обеспечивают монолитность абразивного круга и высокую красностойкость обработанной поверхности, что особенно важно при заточке и шлифовании инструментов из быстрорежущих сталей. Сухая пропитка круга заключается в нанесении на его рабочую поверхность твердой смазки непосредственно в процессе заточки или шлифовании инструмента. Наибольшего повышения качества изготовления инструмента при его шлифовании и заточке достигают в результате применения жидкой и сухой пропитки абразивного круга, что особенно эффективно при внутреннем шлифовании инструментов из труднообрабатываемых высоколегированных быстрорежущих сталей и сплавов.

Опытами установлено, что твердые смазки приводят к повышению качества обработки и при чистовом шлифовании труднообрабатываемых материалов алмазными кругами. При этом процессе твердые смазки уменьшают растягивающие напряжения и наклеп обработанной поверхности, что значительно улучшает физическое состояние обработанного приповерхностного слоя.

Производственной практикой применения смазок в машиностроении установлено, что с целью энергосбережения в больших масштабах рационально использовать указанные выше добавки твердых смазок в широко применяемые индустриальные и моторные масла [9], с целью дальнейшего уменьшения трения между особенно ответственными деталями специального назначения, например, цепи транспортеров, двигатели внутреннего сгорания, коробки передач, червячные передачи.

Выводы

1. При заточке осевых режущих инструментов малых размеров из высоколегированных быстрорежущих сталей твердые смазки на основе дисульфида и диселенида молибдена с активными добавками приводят к резкому повышению стойкости инструмента.

2. Применение твердых смазок при шлифовании деталей из труднообрабатываемых материалов позволяет повысить их износостойкость за счет снижения остаточных растягивающих напряжений и снижения степени и глубины наклепанного слоя в обработанной детали.

3. Разработанные отечественные твердые смазки для шлифовальных кругов повышают износостойкость кругов и улучшают качество обработанных деталей, что способствует повышению энергосбережению в целом.

Список использованных источников

1. Латышев В.Н. Повышение эффективности СОЖ. М. Машиностроение. 1975. – 89 с.
2. Бердичевский Е.Г. Смазочно-охлаждающие технологические средства для обработки материалов. М., Машиностроение, 1984, - 224 с.
3. Кремнев Г.П., Наддачин В.Б., Якимов А.В., Винникова В.И., Яровой Ю.В. Новые составы твердых смазок для лезвийной и абразивной обработки труднообрабатываемых материалов. /Вісник інженерної академії України. Київ, 2001, №3. С. 351...353.
4. Ларшин В.П., Гречиха А.А., Якимов А.В. Применение твердых технологических смазок при шлифовании вырубных штампов. Там же. С. 354...357.
5. Лисина Ю.И., Дигтенко В.Г., Коломиец В.В., Лашуня А.Н. Смазка для механической обработки металлов. А.с. 1214740. Оpubл. Бюл. №8. 1986.
6. Ларшин В.П., Гречиха А.А. Анализ эффективности применения твердых технологических смазок. /Материалы 13-ой междунар. конференции «Физические и компьютерные технологии» Харьков.- 2007. – С. 51...52.
7. Патент України на корисну модель №80807 Мастило для обробки деталей різанням. /Л.М. Тіщенко, В.В. Коломієць, О.В. Фірсов, К.М. Любичева, І.С. Перевала. Оpubл. Бюл. №11. 2013 р.
8. Коломиец В.В. Применение высокоэффективных смазочных материалов при резании. /Інформаційні технології в освіті, науці та виробництві. Збірник наукових праць ОНПУ. Одеса, 2015, вип. 3 (8). С. 168...171.
9. Патент України на корисну модель №113205. Мастило для транспортних засобів. /Коломієць В.В., Шабалін Д.В., Любичева К.М. Оpubл. Бюл. №2. 2017.

Анотація

РОЗРОБКА І ЗАСТОСУВАННЯ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ТВЕРДИХ МАСТИЛ ПРИ ЛЕЗОВІЙ І АБРАЗИВНІЙ ОБРОБЦІ МЕТАЛІВ РІЗАННЯМ

Коломієць В. В., Антощенко Р. В., Кісь В. М., Горбачева Т. В., Любичева К. М.

В роботі розглянуто вплив матеріалів твердих мастил на підвищення стійкості ріжучих інструментів при їх заточці і покращення якості обробленої деталі при абразивній обробці.

Abstract

DEVELOPMENT AND APPLICATION OF ENERGY-SAVING SOLID LUBRICANTS FOR BLADE AND ABRASIVE TREATMENT OF METALS BY CUTTING

V. Kolomiets, R. Antoshchenkov, V. Kiss, T. Horbasheva, K. Lubicheva

This paper deals with influence of materials solid lubricants a sharp tool life axial cutting when grinding part and abrasive by cutting.

К ПОСТРОЕНИЮ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА ПРОСЕИВАНИЯ ЗЕРНОВОГО ВОРОХА В ЦИЛИНДРИЧЕСКОМ РЕШЕТЕ СКАЛЬПЕРАТОРА

Богданович С. А., к.т.н., ст. преп.

*Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства
имени Петра Василенка*

Для описания процесса сепарации зернового вороха в барабанном скальператоре предложено составить математическую модель процесса на основе законов динамики вязкой жидкости с учетом влияния сепарации.

Постановка проблемы. Для увеличения интенсивности процесса сепарации зернового вороха в барабанном скальператоре на вращательное движение барабана предлагается накладывать вибрации.

Анализ последних исследований. В скальператоре зерновой ворох разделяется на зерновую часть, которая незатрудненно проходит через отверстия цилиндрического решета, и крупные примеси, удаляемые сходом. Для описания равновесия зернового потока как многофазной среды применяют методы теории пластичности, для развитых сдвиговых движений используют теорию «быстрых» движений [1-2]. Вибрационное воздействие приводит к тому, что сыпучая среда проявляет себя как вязкая «жидкость» со сложным реологическим законом [3-4].

Основная часть. Рабочим органом скальператора является цилиндрический решетный барабан S_0 , имеющий длину L и радиус R_0 , и вращающийся вокруг горизонтальной оси с постоянной угловой скоростью Ω .

Введем декартову систему координат (x, y, z) , ось Oz которой направим вдоль оси цилиндра (рис.1). Зерно поступает в барабан извне в начальной области цилиндра, что позволяет принять условие: расход зернового потока Q_1 и глубина засыпки при $z = 0$ являются заданными величинами.

Наложение вибраций интенсивностью $j = a\omega^2$ на вращательное движение барабанного решета приводит к тому, что среда в этих условиях подчиняется законам динамики вязкой среды, реологический закон которой аналогичен закону Навье-Стокса.

Принимаемое условие несжимаемости среды дает уравнение, имеющее в выбранной системе координат вид:

$$\frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_y}{\partial y} + \frac{\partial v_z}{\partial z} = 0. \quad (1)$$

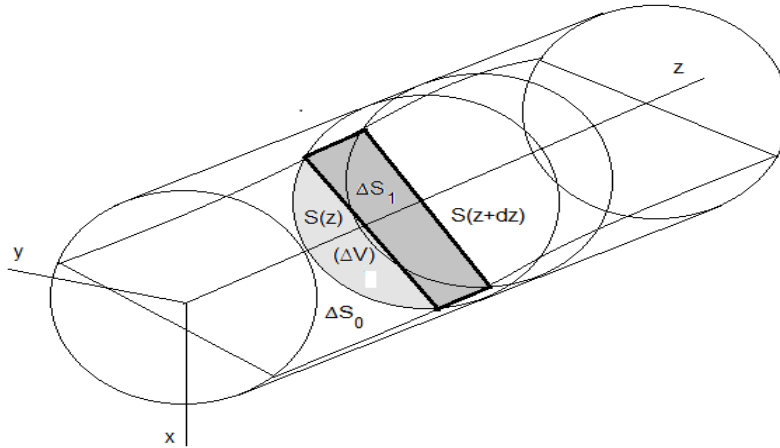


Рис. 1 – Расчетная схема скальператора

Уравнение движения, выражающее второй закон механики сплошной среды:

$$\rho \frac{d\vec{v}}{dt} = \text{div} \hat{\sigma} + \rho \vec{g}, \quad (2)$$

где ρ - плотность среды (в данном случае величина постоянная);

\vec{g} - интенсивность внешних сил, действующих на среду (в нашем случае равная ускорению свободного падения);

$\hat{\sigma}$ - тензор напряжений.

Если пренебречь влиянием тепловых процессов на динамику среды, то система уравнений (1),(2) является замкнутой системой и для ее решения достаточно задать начальные и граничные условия. Начальные условия состоят в задании начального поля скоростей, а граничные принимают следующий вид. На твердой стенке цилиндра отверстия рассматриваем как некоторые стоки с равномерно распределенной по поверхности S_0 плотностью, определяющими нормальную составляющую скорости зернового потока в соответствии с законом Дарси [5] с некоторым феноменологическим коэффициентом K_d .

Касательные составляющие напряжений на S_0 должны соответствовать закону сухого трения:

$$\vec{p}_n \cdot \vec{\tau} = -\frac{\vec{w}_\tau \cdot \vec{\tau}}{|\vec{w}_\tau|} \left(f p|_{S_0} + \lambda |\vec{w}_\tau| \right), \quad (3)$$

где $\vec{\tau}$ - произвольный единичный вектор, касательный к поверхности S_0 .

На свободной поверхности выполняется кинематическое условие и динамические условия отсутствия напряжений, которые в скалярной форме соответствуют трем условиям в проекциях на нормаль \vec{n} и два единичных различных касательных к S_1 векторов $\vec{\tau}_1, \vec{\tau}_2$:

$$\begin{aligned}
n_i \left(-p \delta_{ik} + \mu \left(\frac{\partial v_k}{\partial x_i} + \frac{\partial v_i}{\partial x_k} \right) \right) n_k \Big|_{S_1} &= 0 \\
\mu n_i \left(\frac{\partial v_k}{\partial x_i} + \frac{\partial v_i}{\partial x_k} \right) \tau_{1k} \Big|_{S_1} &= 0 \\
\mu n_i \left(\frac{\partial v_k}{\partial x_i} + \frac{\partial v_i}{\partial x_k} \right) \tau_{2Ek} \Big|_{S_1} &= 0
\end{aligned} \quad (4)$$

Вибрации, воздействующие на устройство, влияют на величину феноменологических коэффициентов (коэффициенты вязкости, трения и пр.) [6-8]. При увеличении интенсивности вибраций j коэффициенты трения и вязкости убывают, стремясь к некоторому асимптотическому значению [6]. Для решения задачи воспользуемся приближенным методом интегрального баланса, который заключается в следующем [9].

Будем рассматривать в дальнейшем стационарный процесс движения потока. В этом случае разыскиваемые функции не зависят явно от времени t , а, следовательно, и частные производные по переменной t равняются нулю.

Обозначим через $S = S(z)$ поперечное сечение зернового потока (рис.1). Рассмотрим элементарный геометрический объем ΔV , заключенный между сечениями $S(z), S(z + dz)$, расположенными друг от друга на расстоянии dz .

Проинтегрируем по данному объему левую и правую части уравнения и применим формулу Гаусса-Остроградского [10]. Получим интегральную форму уравнения несжимаемости в виде:

$$\oint v_n dS = 0, \quad (5)$$

где v_n – нормальная составляющая скорости на $\Delta \Sigma$, а интегрирование ведется по всей поверхности $\Delta \Sigma$:

$$\int_{\Delta S_0} v_r \Big|_{S_0} dS + \int_{\Delta S_1} v_n \Big|_{S_1} dS + \int_{S(z+dz)} v_z \Big|_{S(z+dz)} dS - \int_{S(z)} v_z \Big|_{S(z)} dS = 0. \quad (6)$$

Аналогичные действия произведем и с уравнением движения (2). Интеграл по объему ΔV от левой части уравнения движения преобразуем, используя известную теорему переноса и то, что движение является стационарным, к виду [11]:

$$\int_{\Delta V} \rho \frac{d\vec{v}}{dt} dV = \oint_{\Delta \Sigma} v_n \rho \vec{v} dS. \quad (7)$$

Тогда, используя соотношение Коши [11], получим следующее интегральное соотношение:

$$\oint_{\Delta \Sigma} (\vec{p}_n - \rho v_n \vec{v}) dS + \int_{\Delta V} \rho \vec{g} dV = 0. \quad (8)$$

Учитывая состав поверхности $\Delta \Sigma$, последнее уравнение можно привести к виду:

$$\begin{aligned}
& \int_{\Delta S_0} (\vec{p}_r - \rho v_r \vec{v})|_{S_0} dS + \\
& + \int_{\Delta S_1} (\vec{p}_n - \rho v_n \vec{v})|_{S_1} dS + \\
& + \int_{S(z+dz)} (\vec{p}_z - \rho v_z \vec{v})|_{S(z+dz)} dS - \\
& - \int_{S(z)} (\vec{p}_z - \rho v_z \vec{v})|_{S(z)} dS + \int_{\Delta V} \rho \vec{g} dV = 0
\end{aligned} \tag{9}$$

где \vec{p}_r, v_r - напряжения на стенке цилиндра S_0 и радиальная составляющая скорости на ней;
 \vec{p}_n, v_n - напряжения на свободной поверхности S_1 и нормальная составляющая скорости на ней;
 \vec{p}_z, v_z - напряжения на $S(z)$ и z -овая составляющая скорости в сечениях $S(z), S(z+dz)$.

Рассмотрим поперечное сечение $S(z)$ цилиндрического решета. Введем орты \vec{e}_τ, \vec{e}_r : касательный и нормальный к контуру C_0 и \vec{e}_z - орт оси Oz

$$\begin{aligned}
\vec{e}_\tau &= (-\cos \varphi, \sin \varphi, 0) \\
\vec{e}_r &= (\cos \varphi, \sin \varphi, 0) \\
\vec{e}_z &= (0, 0, 1)
\end{aligned} \tag{10}$$

где φ - полярный угол в плоскости сечения $S(z)$.

Величина $\vec{p}_r \cdot \vec{e}_z$ на S_0 определяется силой трения согласно формуле (3):

$$\vec{p}_r \cdot \vec{e}_z = -\frac{w_{\tau z}}{|w_{\tau z}|} \left(f p|_{S_0} + \lambda |w_{\tau z}| \right). \tag{11}$$

На поверхности S_1 напряжения отсутствуют, на поверхностях $S(z), S(z+dz)$ имеем:

$$\vec{p}_z \cdot \vec{e}_z = -p + 2\mu \frac{\partial v_z}{\partial z}. \tag{12}$$

Умножая скалярно обе части уравнения (9) на \vec{e}_z и, учитывая граничные условия согласно соотношениям Коши [11] и (3), получим соотношение:

$$\begin{aligned}
& - \int_{\Delta S_0} \left(\frac{w_{\tau z}}{|w_{\tau z}|} \left(f p|_{S_0} + |w_{\tau z}| \right) + \rho v_r v_z \right) \Big|_{S_0} dS - \\
& - \int_{\Delta S_1} \rho v_n v_z|_{S_1} dS + \int_{S(z+dz)} \left(-p + 2\mu \frac{\partial v_z}{\partial z} - \rho v_z^2 \right) \Big|_{S(z+dz)} dS - \\
& - \int_{S(z)} \left(-p + 2\mu \frac{\partial v_z}{\partial z} - \rho v_z^2 \right) \Big|_{S(z)} dS + \int_{\Delta V} \rho \vec{g} \cdot \vec{e}_z dV = 0
\end{aligned} \tag{13}$$

Вывод. Математическая модель процесса сепарации зерновой смеси на барабанном скальператоре может быть составлена с помощью законов динамики вязкой среды, реологический закон, которой аналогичен закону Навье-Стокса, а феноменологические коэффициенты, которого зависят от интенсивности вибраций. Влияние сепарации на процесс движения смеси учитывается с помощью закона фильтрации Дарси.

Список использованной литературы

1. Голованов Ю.В., Ширко И.В. Обзор современного состояния механики быстрых движений гранулированных материалов. В кн. Механика гранул.сред. Теория быстрых движений. -М.: Мир. 1985. - с.86-146.
2. Соколовский В.В. Статика сыпучей среды. - М.: Наука. 1990. - 272с.
3. Сэвидж С. Гравитационное течение несвязанных гранулированных материалов. В кн. Механика гранулированных сред: Теория быстрых движений. - М.: Мир.1985. - с.86-146.
4. Гольдштик М.А. Процессы переноса в зернистом слое. - Новосибирск: СО АН СССР.Ин-т теплофиз. 1984. - 163 с.
5. Лейбензон Л.С. Движение природных жидкостей и газов в пористой среде. - ОГИЗ ГИТТЛ, М.-Л., 1947. - 214 с.
6. Цытович Н.А. Механика грунтов. - М.: Гос.издат. лит. по строительству, архитект. и стройматер. 1963. - 636 с.
7. Заика П.М. Динамика вибрационных очистительных машин. - М.: Машиностроение.- 1977. - 278 с.
8. Тищенко Л.Н. К исследованию факторов, влияющих на технологический процесс барабанного зернового скальператора //Л.Н.Тищенко, А.В.Миняйло, С.А.Богданович //Сучасні напрямки технології та механізації процесів переробних і харчових виробництв. Вісник ХНТУСГ ім. П.Василенка. - Харків: ХНТУСГ ім. П.Василенка, 2012. - Вип.131. - С.5-11.
9. Слеттери Дж. С. Теория переноса импульса, энергии и массы в сплошных средах. - М.: Энергия, 1978. -448 с.
10. Владимиров В.С. Уравнения математической физики. - М.:Наука. 1988. - 512 с.
11. Седов Л.И. Механика сплошных сред. Т. 1. - М.: Наука. 1976. - 536 с.

Аннотация

ДО ПОБУДОВИ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ПРОЦЕСУ ПРОСІЮВАННЯ ЗЕРНОВОГО ВОРОХУ У ЦИЛІНДРИЧНОМУ РЕШЕТІ СКАЛЬПЕРАТОРА

Богданович С. А.

Для опису процесу сепарації зернового вороху у барабанному скальператорі запропоновано скласти математичну модель процесу на основі законів динаміки в'язкої рідини з урахуванням впливу сепарації.

Abstract

TO THE CONSTRUCTION OF THE MATHEMATICAL MODEL OF THE PROCESS OF GRAIN HEAP IN THE CYLINDRICAL SIEVE OF THE SCALPERATOR

S. Bogdanovich

To describe the process of grain heap separation in a drum scalperator, it is proposed to compile a mathematical model of the process based on the laws of the dynamics of a viscous fluid, taking into account the effect of separation.

УДК 631. 362

СЕПАРАЦІЯ НАСІННЕВОЇ СУМІШІ СОЇ НА МЕХАТРОННІЙ МУЛЬТИПЛОЩИННІЙ ВІБРАЦІЙНІЙ НАСІННЕОЧИСНІЙ МАШИНИ

Лук'яненко В. М., к.т.н., доц., Никифоров А. О., Галич І. В.,
Лук'яненко О. В., ст. викл-чі, Петрик А. П., асп.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства
імені Петра Василенка*

Наведені результати експериментальних досліджень сепарації насінневої суміші сої на мехатронній мультиплощинній вібраційній насіннеочисній машині. За один пропуск отримано 82,5 – 88,7% кондиційного насіння сої від маси вихідного матеріалу.

Постановка задачі. Соя – один з найбагатших білком рослинних продуктів. Ця властивість дозволяє використовувати сою для приготування і збагачення різних блюд, а також в якості основи рослинних замінників продуктів тваринного походження. В останні роки вона набула в Україні велику популярність – її вирощують в усіх регіонах більшість сільськогосподарських господарств.

Отримання високих урожаїв сої, як і інших культур, пов'язано з використанням для посіву високоякісного посівного матеріалу.

При збиранні сої в бункер комбайну окрім якісного насіння сої потрапляє цілий ряд різноманітних домішок. Крім того при зрізанні і обмолочуванні сої частина врожаю травмується або розколюється на дві половинки. Через те, що травмоване насіння сої нездатне сформувати повноцінний росток, є необхідність в його відокремленні від основної насінневої маси.

На кафедрі якості, стандартизації та сертифікації ХНТУСГ ім. П. Василенка розроблена конструкція мехатронної мультиплощинної вібраційної насіннеочисної машини, використання якої забезпечує високу ефективність підготовки посівного матеріалу різних сільськогосподарських культур [1, 2, 3].

Мета роботи. Дослідження ефективності використання мехатронної мультиплощинної вібраційної насіннеочисної машини на розділенні насінневої суміші сої.

Результати дослідження. Дослідження проводили на експериментальному зразку мехатронної мультиплощинної вібраційної насіннеочисної машини. Конструктивна схема машини наведена на рис. 1.

Мехатронна мультиплощинна вібраційна насіннеочисна машина складається з проміжної (поворотної) рами 1, встановленої на платформі 3, яка спирається на чотири колісні механізми з фіксаторами обертання коліс 14. За допомогою подвійних пружин стиснення 21 на проміжну (поворотну) раму 1 встановлені дві рами віброзбуджувачів 4, в яких закріплені два віброзбуджувачі двохвального типу з ремінною зубчастої передачею 5. До кожної з двох рам віброзбуджувачів 4 за допомогою болтового з'єднання дзеркально кріпляться по дві рами кріплення сепаруючих площин 6 (зверху і знизу віброзбуджувача). Сепаруючі площини 10 по своєму периметру мають по 10 отворів, за допомогою яких вони встановлюються на раму кріплення площин 6 еквідистантно одна щодо іншої. Відстань між площинами визначається кількістю встановлених тарованих шайб 22 однакової товщини.

Привід віброзбуджувачів здійснюється від електродвигуна змінного струму 7, який встановлений на проміжній рамі 1, за допомогою двох пружних муфт 16.

Подача насіння до активних живильників 13 здійснюється з бункера 2 через гнучкі патрубки 20.

Крилатки живильників приводяться в обертальний рух від моторредукторів постійного струму 15, встановлених на проміжній рамі 1, через пружні муфти 18.

Збір продуктів поділу здійснюється в приймачі продуктів поділу за допомогою напрямних 11, які кріпляться до проміжної рами 1 і одночасно деякі з них виконують роль облицювання машини. Для більш якісного поділу довжина обрізу сепаруючої площини 10, з якої надходить насіння в приймачі продуктів поділу, може бути змінена переміщенням ділильної планки 17 по гвинтовим напрямних 19, встановленим між стійками проміжної рами 1.

Основні регулювання технологічного процесу поділу у машині автоматизовані: частота коливань сепаруючих пластин і подача насіння на них змінюються обертанням ручок змінних резисторів на блоці управління, позовжній кут нахилу змінюється в двох напрямках натисканням на кнопки.

Зміна частоти коливань сепаруючих площин, так само як і інші параметри, наприклад, характеристики виходу на задану частоту здійснюється за допомогою перетворювача частоти Lenze Vector 820, який забезпечує як скалярне, так і векторне управління електродвигуном.

Технологічний процес мехатронної мультиплощинної вібраційної насіннеочисної машини відбувається наступним чином. Вихідний матеріал з бункера насіння 2 за допомогою гнучких перехідників 20 надходить в короби живильників 13. При подачі живлення на моторредуктори приводу живильників 15 вони через пружні муфти 18 передають крутний момент крилаткам, які встановлені над кожною сепаруючою поверхнею на квадратному валу.

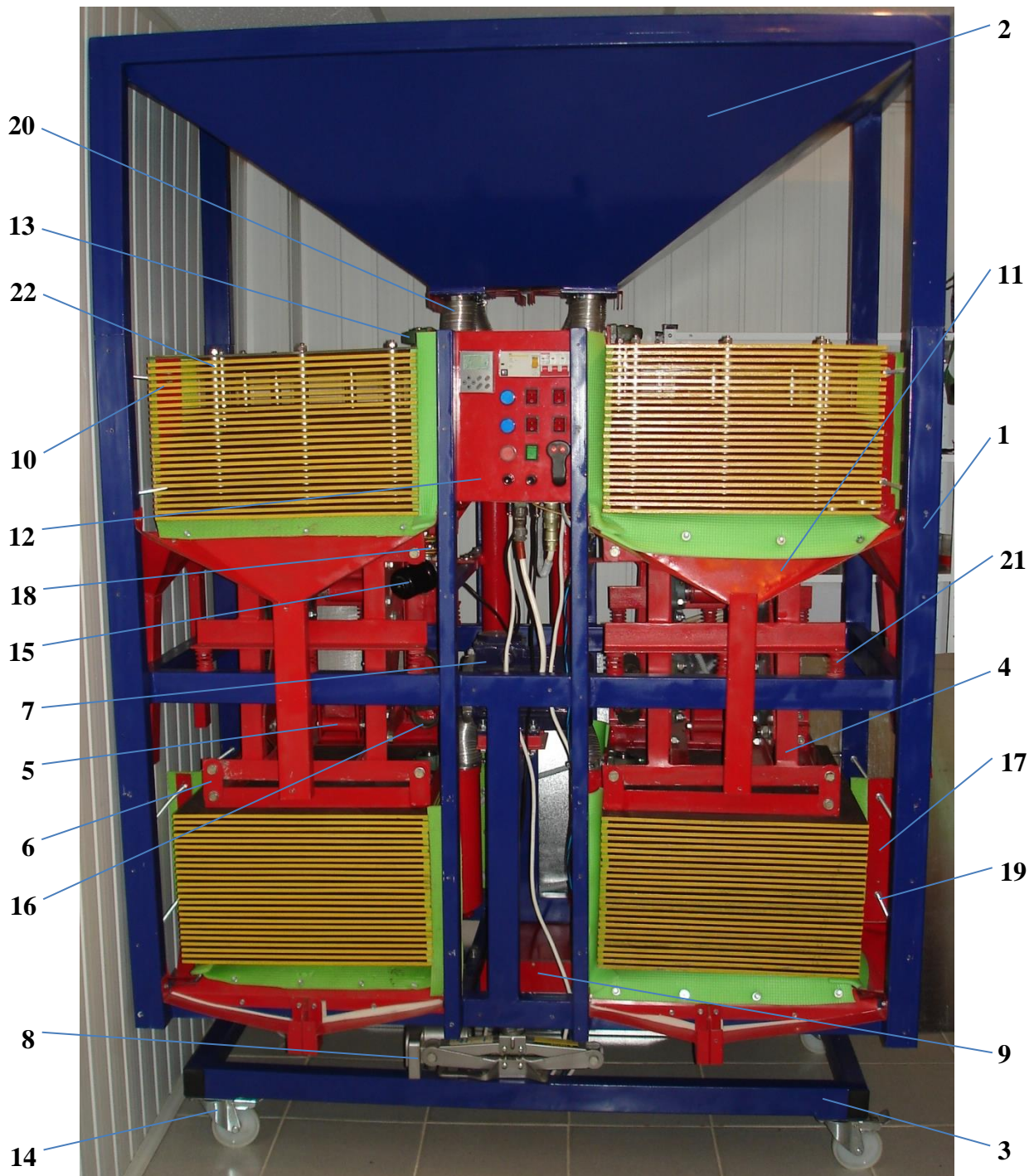


Рис. 1 – Мехатронна мультиплощинна вібраційна насіннеочисна машина: 1 - проміжна рама; 2 - бункер насіння; 3 - платформа; 4 - рама вібробуджувача; 5 - вібробуджувач; 6 - рама площин; 7 - електродвигун; 8 - електродомкрат; 9 - блок живлення; 10 - сепаруючі площини; 11 - напрямні; 12 - блок управління; 13 - живильник; 14 - колісний механізм; 15 - моторредуктор; 16 - муфта; 17 - ділильна планка; 18 - муфта приводу живильника; 19 - гвинтові напрямні; 20 - гнучкий патрубок; 21 - пружини; 22 - таровані шайби

Останні захоплюють своїм межлопатеvim простором насіння, що надходить самопливом і переміщують його по сепарувальним поверхням. Так як рух повноцінного насіння в нижні приймачі якийсь час обмежується лопатями крилаток, то неповноцінне насіння культури і насіння бур'янів (плоске непружне і шорстке) встигає проявити свої властивості і вийти із зони розосередження в

верхні приймачі. Після повороту крилаток на 180° і більше обмеження на рух повноцінного насіння знімається і воно надходить в нижні приймачі продуктів поділу. У бічні приймачі надходить насіння з проміжними властивостями.

Вихідним матеріалом для досліджень була насіннева суміш сої Apollo урожаю 2017 р. Вона не відповідала вимогам ДСТУ 2240-93 [4] по показнику схожості.

Згідно ДСТУ 2240-93 в кондиційному посівному матеріалі сої першої – третьої репродукції схожість насіння основної культури повинна бути не нижчою 80%.

Результати сепарації насінневої суміші сої на пневматичному сепараторі наведені в табл. 1. Як видно з таблиці 1 схожість насіння сої була 76%. Необхідно було підвищити схожість цільової фракції за рахунок відокремлення несхожого насіння у відходіву фракцію. При цьому продуктивність машини повинна бути максимальною.

Найменш продуктивний режим руху насіння по віброфрикційним сепаруючим поверхням є безвідривний, коли в будь-який момент часу є мінімум одна спільна точка контакту насіння і сепаруючої поверхні [5, 6].

Відривний режим руху насіння по сепаруючим поверхням, коли в певний момент часу насіння відривається від сепаруючої поверхні і здійснює вільний політ, є більш продуктивним [5, 6].

Ще більш продуктивним режимом руху насіння по сепаруючій поверхні є ударний режим, коли насіння під час вільного польоту вдаряється об вище розміщену сепаруючу поверхню, відбивається від неї і таким чином час її вільного руху значно зменшується, що й приводить до підвищення продуктивності процесу сепарації. Такий режим руху можливий тільки для мехатронних мультиплощинних вібраційних насіннеочисних машин з віброзбуджувачами прямолінійних коливань двохвального типу з пасовою зубчатою передачею [7, 8, 9].

Таблиця 1 – Результати сепарації насінневої суміші сої на мехатронній мультиплощинній вібраційній насіннеочисній машині

БЕЗВІДРИВНИЙ РЕЖИМ											
Показники	Вихідна суміш	Фракції									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Маса фракції, %	100	6,36	23,14	36,74	14,97	7,49	3,79	5,11	1,46	0,88	0,06
Схожість, %	76	86	87	85	79	79	58	22	13	-	-
ВІДРИВНИЙ РЕЖИМ											
Маса фракції, %	100	2,81	4,01	11,56	34,25	33,23	9,85	2,71	0,85	0,70	0,03
Схожість, %	76	15	84	85	86	83	48	28			
УДАРНІЙ РЕЖИМ											
Маса фракції, %	100	3,85	10,15	21,54	24,74	26,11	10,15	2,77	0,33	0,24	0,12
Схожість, %	76	32	80	85	86	83	52	28	5		

При сепарації в безвідривному режимі можна отримати насіння сої схожістю 84%, об'єднавши вміст перших п'яти фракцій, які становлять за масою 88,7%. Продуктивність мехатронної мультиплощинної вібраційної насіннеочисної машини при цьому склала 448 кг/год.

При сепарації цього ж насіння у відривному режимі об'єднавши 2 – 6 фракції можна отримати 83,1% насіння схожістю 84,5%. Продуктивність машини при цьому склала 1200 кг/год.

Продуктивність машини при ударному русі насіння по віброючим поверхням, а точніше в каналах, створених близькорозміщеними сепаруючими поверхнями, склала 2200 кг/год. Вихід кондиційного насіння – 82,5%, а схожість – 84%.

Параметри роботи мехатронної мультиплощинної вібраційної насіннеочисної машини при різних режимах руху насіння приведені в табл. 2.

Таблиця 2 – Параметри мехатронної мультиплощинної вібраційної насіннеочисної машини при сепарації насінневої суміші сої на різних режимах руху насіння

Амплітуда коливань сепаруючих площин, мм	Частота коливань сепаруючих площин, хв ⁻¹	Подовжній кут нахилу сепаруючих площин, град	Поперечний кут нахилу сепаруючих площин, град	Відстань між сепаруючими пластинами, мм
БЕЗВІДРИВНИЙ РЕЖИМ				
1,0	1390	5,5	3,0	6,0
ВІДРИВНИЙ РЕЖИМ				
1,5	1520	3,0	3,0	10,0
УДАРНИЙ РЕЖИМ				
3,5	1550	2,5	3,0	8,0

Висновки

1. При сепарації насінневої суміші сої отримано 82,5 – 88,7% кондиційного насіння сої від маси вихідної фракції в залежності від режиму руху насіння. Якість сепарації при безвідривному режимі руху насіння по сепаруючим поверхням найвища, але продуктивність машини навіть при максимальній кількості сепаруючих площин (100 шт.) становить всього 450 кг/год.

2. Найвища продуктивність машини є при ударному режимі руху насіння і складає 2200 кг/год, хоча якість сепарації дещо нижча.

Список використаних джерел

1. Лук'яненко В. М. Перспективна модель вібраційної насіннеочисної машини: Матеріали ІХ - ї міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації сільськогосподарської техніки». – Кіровоград, 7 - 8 листопада 2013. С. 116 - 118.
2. Лук'яненко В. М., Галич І. В., Никифоров А. О. Мехатронна вібраційна насіннеочисна машина //Вісник Харківського національного технічного

- університету сільського господарства імені Петра Василенка. – 2015. – №. 156. – С. 413-419.
3. Ольшанський В. П. Теорія сепарування зерна / В. П. Ольшанський, В. В. Бредихін, В. М. Лук'яненко, М. В. Півень, М. В. Сліпченко, С. О. Харченко. – Харків: Планета-Прінт, 2017. – 803 с.
 4. ДСТУ 2240-93. Насіння сільськогосподарських культур. Технічні умови - К.: Держстандарт України, 1994. - 73 с.
 5. Заика П. М. Вибрационные семяочистительные машины и устройства - МИИСП, 1981. - 141 с.
 6. Заика П. М., Мазнев Г. Е. Сепарация семян по комплексу физико - механических свойств. - М.: Колос, 1978. - 287с.
 7. Лукьяненко В. М. Повышение производительности вибрационной семяочистительной машины с неперфорированными рабочими плоскостями / В. М. Лукьяненко, И. В. Галич // Motrol, - Motoryzacja i energetyka rolnictwa. – Lublin, 2013. Т. 15, С. 185 - 191.
 8. Патент на корисну модель № 6004 Україна, МПК (2011.01) B07B 1/00. Вібробудник прямолінійних коливань / Лук'яненко В. М., Жиліна О. О., Нікітюк М. М., Галич І. В., Кісь В. М., Лук'яненко О. В.; власник Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка. – заявл. 08.11.2010; опубл. 10.06.2011, Бюл. №11.
 9. Патент на корисну модель № 88048 Україна, МПК (2006.01) B03C 1/10. Універсальний вібробудник / Лук'яненко В. М., Галич І. В., Никифоров А. О.; власники: Лук'яненко В. М., Галич І. В., Никифоров А. О. – заявл. 17.10.2013; опубл. 25.02.2014, Бюл. №4. – 4с.

Аннотация

СЕПАРАЦИЯ СЕМЕННОЙ СМЕСИ СОИ НА МЕХАТРОННОЙ МУЛЬТИПЛОЩИННОЙ ВИБРАЦИОННОЙ СЕМЯОЧИСТИТЕЛЬНОЙ МАШИНЕ

Лукьяненко В. М., Никифоров А. А., Галич И. В., Лукьяненко А. В., Петрик А. П.

Приведены результаты экспериментальных исследований сепарации семенной смеси сои на мехатронной мультиплоскостной вибрационной семяочистительной машине. За один пропуск получено 82,5 – 88,7% кондиционных семян сои от массы исходного материала.

Abstract

SEPARATION OF SOYBEAN SEED MIXTURE ON THE MECHATRONIC MULTIPLANAR VIBRATION SEMI-CLEANING MACHINE

V. Lukynenko, A. Nikiforov, I. Galych, A. Lukynenko, A. Petrik

The results of experimental studies of separation of soybean seed mixture on the mechatronic multiplanar vibration semi-cleaning mashine are presented. In one pass, 82,5 – 88,7% of the conditioned soybean seeds were obtained from the weight of the starting material.

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА КОНСТРУКЦИИ ПЕНООБРАЗОВАТЕЛЯ

Лукьяненко О. В., ст. преп.

*Харьковский национальный технический университет
сельского хозяйства имени Петра Василенка*

Работа содержит аргументированный выбор конструкции пеногенератора для внутривпочвенного внесения жидких средств химизации в слое пены.

Вступление. В основу получения пены диспергационным методом положен процесс смешивания газа (воздуха) и пенообразующего раствора механическим путем. Смешивание пенообразующего раствора и газа может осуществляться:

- в результате дробления газа на пузырьки при подаче его в раствор пенообразователя через капиллярные трубки, пористые пластины, сетки или ткань (барботажный или пневматический способы);
- при продувании газа через орошаемые раствором сетки;
- при встряхивании емкости, частично заполненной жидкостью;
- при совместном движении жидкости и газа по трубе или шлангу;
- при совместном перемешивании жидкости и газа с помощью мешалок, перфорированных дисков и других устройств;
- при выливании струи раствора с высоты на поверхность того же раствора;
- при эжектировании воздуха движущимся потоком жидкости.

В конструкцию должна быть заложена возможность изменения параметров пены для нахождения оптимальных свойств при которых пена имела бы: достаточный временной «период жизни» чтобы транспортировать жидкие средства химизации до поверхности почвы и не разрушиться досрочно, изменять диаметр пузырей для варьирования нормы внесения жидких средств химизации.

Анализ основных публикаций, исследований.

Полученные данными способами пены называют воздушно-механическими [1–3]. Также известны пеногенераторы барботажного типа, у которых пена образуется в результате продавливания газа через слой пенообразующего раствора. В сравнении с остальными, этот тип имеет преимущества т.к. есть возможность настройки характеристик пены.

Кроме этого следует отметить, что формирование пены в выше указанных технических решениях возможно только при высоком содержании поверхностно-активных веществ (ПАВ). Следствием высокого содержания ПАВ в пенообразующих растворах является быстрое образование границ раздела фаз «газо-пенообразующего раствора», что приводит к малому «времени жизни» пены.

Установлено, что для выбора конструкции пеногенератора для внесения средств химизации в слое пены, лучше всего подходит диспергационный метод. В дальнейшем и были рассмотрены конструкции именно этого метода т.к. в нем заложены более широкие возможности по регулировке параметров воздушно-механических пен (диаметр пузырьков, дисперсность, кратность). От последнего параметра зависит экономия расходного материала [4].

Так же необходимо учитывать продуктивности пеногенератора, для того чтобы обеспечить внутрипочвенное ленточное внесение пены с общим расходом рабочей жидкости, укладываемым в характерный для малообъемного внесения интервал 5 - 50 л/га, необходимо либо увеличивать кратность пены, в разы превышающую достигнутый уровень 1:100, либо применять рабочие органы, которые могли бы надежно осуществлять технологический процесс с долей заполнения полости в почве, которая составляет несколько процентов. Последнее реализовано авторами в конструкции рабочего органа с развитой сводообразующей частью, предусматривающей наличие ребер для принудительного перераспределения пены в пределах ширины полосы обработки. В любом случае, каким бы ни был рабочий орган, крайне желательно, чтобы производительность обслуживающего один рядок пеногенератора составляла 100 - 200 л/мин [5].

Цель данной работы. Выбрать конструкцию пеногенератора для внутрепочвенного внесения жидких средств химизации в слое пены. Которая должна устанавливаться на раму сеялки СУПН-8.

Решение задачи. Проведём анализ известных конструкций пеногенераторов.

Конструкция № 1. Работа пеногенератора (рис. 1): в патрубок 12 подают рабочий раствор пенообразователя и включают привод 13, в результате боковая поверхность рабочего органа 16 орошается пенообразователем, а вращение рабочего органа приводит к тому, что имеющийся в нем воздух центробежной силой отбрасывается к боковой поверхности органа, проходит через мельчайшие ячейки пеногенирующей сетки, из которой выполнена боковая поверхность рабочего органа, и образует пену. Данный процесс может быть усовершенствован за счет факультативных признаков:

а) наличие неподвижной трубы с отверстиями, перекрываемыми отрезком трубы большего диаметра (позиции 7, 8, 9) или вентиля, примыкающего к горизонтальной полой оси рабочего органа (17), позволяет регулировать подачу воздуха, т.е. то же расширяет технологические возможности устройства;

б) кривизна образующей боковой поверхности рабочего органа или даже ее наклон к полой оси способствуют тому, что напор воздуха будет неодинаковым в разных зонах боковой поверхности рабочего органа, а результатом этого станет полимодальность пены с заданным фракционным составом, зависящим от знака кривизны и угла наклона касательной в разных зонах боковой поверхности рабочего органа;

в) свободно вращение оснований и боковой поверхности рабочего органа вокруг его оси способствует тому, что пенообразователь не так интенсивно отбрасывается центробежной силой от боковой поверхности рабочего органа, а

высокий напор воздуха обеспечивается за счет лопаток, прикрепленных к оси; в результате может быть получена пена повышенной плотности при высокой производительности пеногенератора (также расширение технологических возможностей);

г) наличие камеры диспергирования с удерживающими решетками или пеногенерирующими сетками способствует получению мелкоячеистой структуры пены [6].

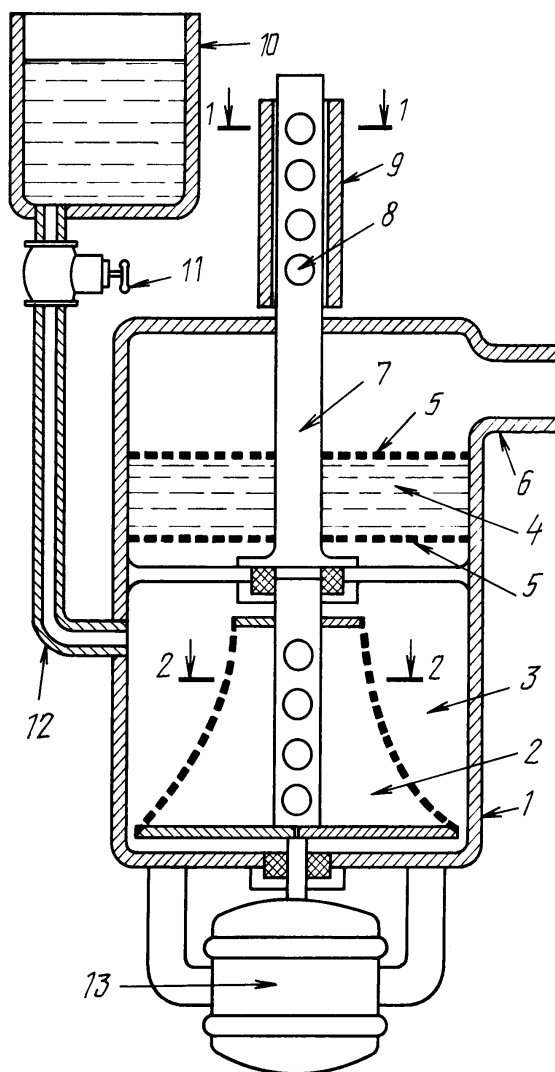


Рис. 1 – Конструкция пеногенератора №1

Конструкция № 2. Работает устройство следующим образом (рис. 2). Включив электродвигатель 5 с клиноременной передачей 6 на шкиве 21 ротора 15, открываем дозирующий вентиль 4 бака 3 и делаем подачу пенообразующего раствора через патрубок 10 в зону 13 пенообразующего раствора корпуса 7 пеногенератора 2 расположенного на опорной плите 1. Одновременно через патрубок 10 начинает засасываться поток воздуха нагнетательными лопастями 18 на валу 16 в подшипниках 17 в зону 13 пенообразующего раствора корпуса 7 пеногенератора 2, расположенного на опорной стойке 1. Одновременно через патрубок 10 начинает засасываться поток воздуха нагнетательными лопастями 18 на валу 16 в подшипниках 17 в зону 13, расположенной от крышки 8 цилиндра корпуса 7 до конца третьего ряда нагнетательных лопастей 18 и ввода

воздушного потока, где воздушная масса интенсивно перемещается с пенообразующим раствором и далее, перемешиваясь под действием дополнительной барботажной обработки в барботажной зоне 14 лопастями 19 расположенной от конца зоны 13 ввода воздушного потока до крышки 9, превращается, через незначительный промежуток времени, в готовый к употреблению вспененный пенораствор. Пена получается с фракцией малой дисперсности, при принятой кратности довольно устойчивая и с очень малым усадочным коэффициентом. Готовая продукция (пена пенообразующего раствора) подается далее через патрубок 11 и далее по трубопроводу к месту потребления [7].

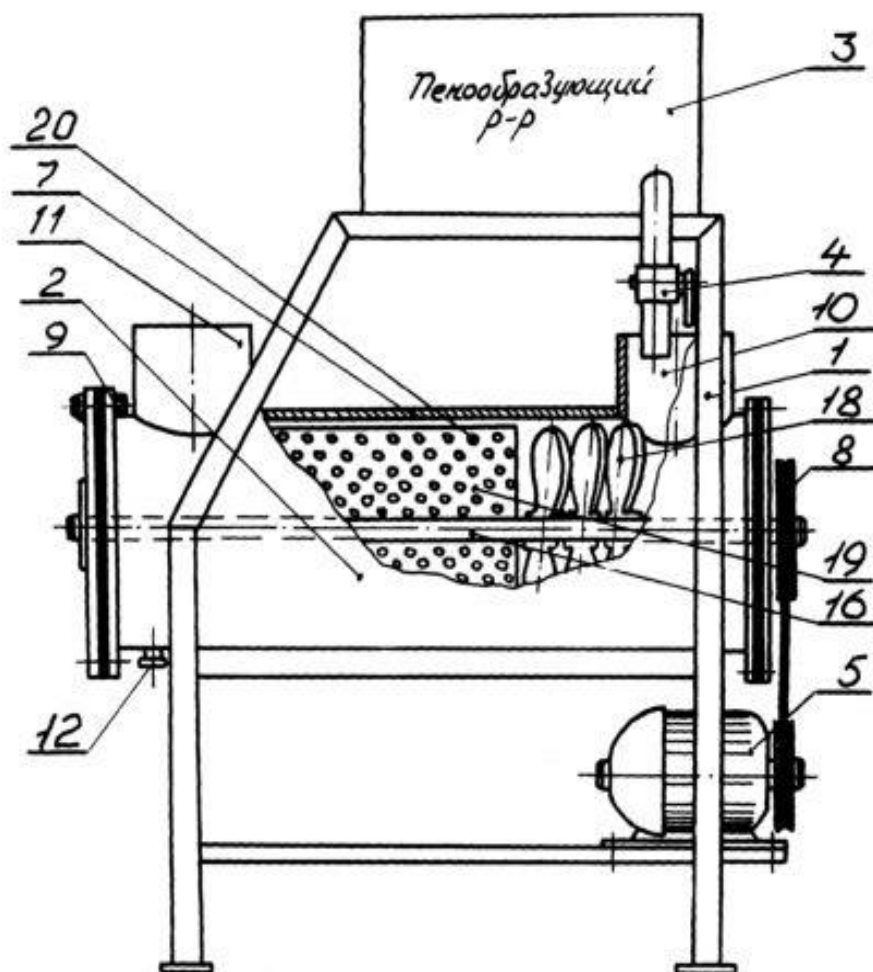


Рис. 2 – Конструкция пеногенератора №2

Конструкция № 3. Пеногегатор содержит барбатажный барабан 1 с завихрителем 2, пеноотделитель 3, системы 4 и 5 подачи сжатого воздуха и пенообразующего растовра, дренажную систему 6, пеноотвод 7, привод 8 пеногенератора (рис. 3).

Пенообразующий раствор, подаваемый в завихритель раскручивается с помощью привода до скорости вращения барбатажного барабана и далее в виде тонкого слоя течет вдоль образующей барабана. Сжатый воздух проходит через сетку (диспергатор воздуха) барабана в движущийся слой раствора пенообразователя, превращая последний в пену [8].

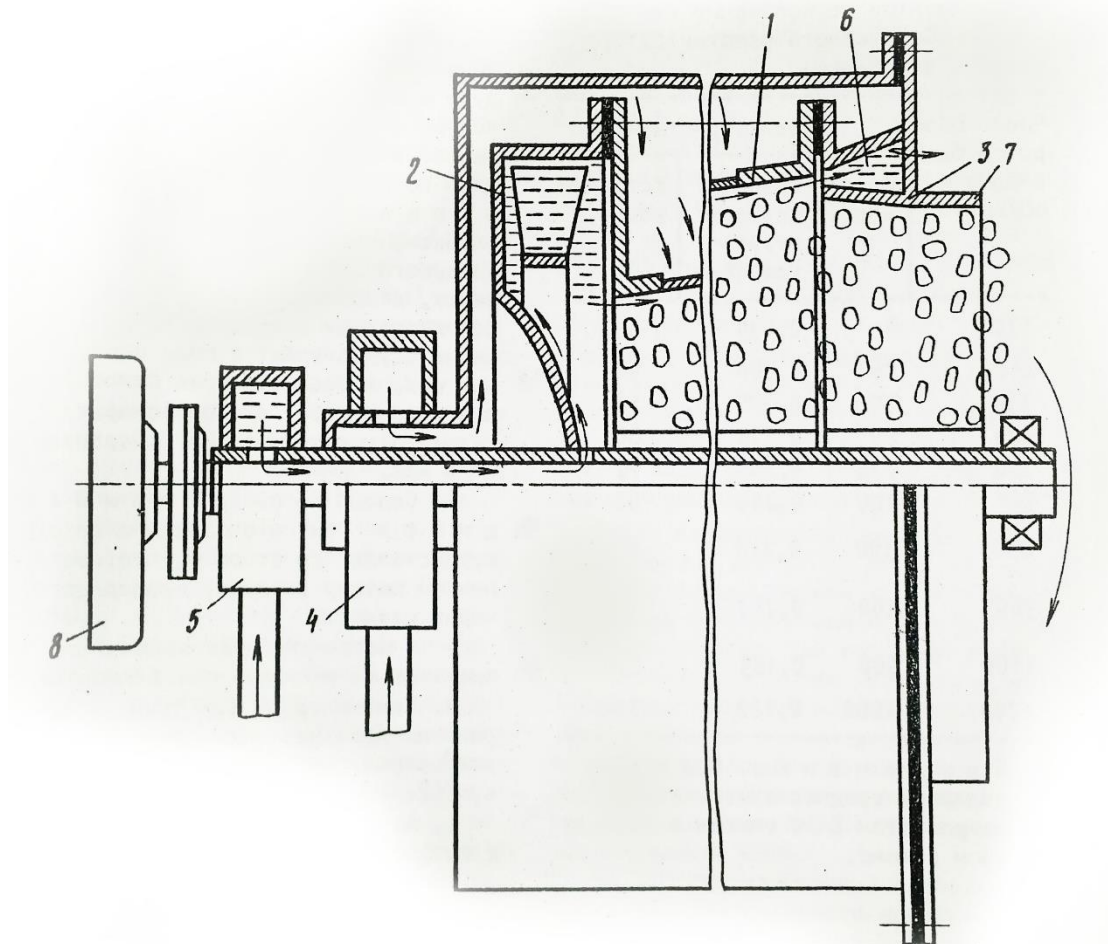


Рис. 3 – Конструкция пеногенератора №3

Конструкция № 4. Состоит из корпуса 1, вращающегося барабана 2 с установленным на его образующей пластинами-диспергаторами 3, привода 4 барабана, пенопровода 5, патрубка 6 для подачи пенообразующего раствора, патрубка 7 для подачи сжатого воздуха (рис. 4). Воздушное пространство, образованное между барабаном и корпусом, герметизируется по оси с помощью сальниковых уплотнений 8. На крышке 9 барабана вмонтирован датчик 10 для контроля за толщиной слоя пенообразующего раствора в барабане, а также управление скорости подачи пенообразующего раствора в барабан.

При подаче пенообразующего раствора во вращающийся барабан за счет центробежной силы осуществляется равномерное распределение пенообразующего раствора на внутренней стороне обечайки барабана. Сжатый воздух, проходя через капилляры пластин-диспергаторов, барботирует в раствор пенообразователя, превращая последний в пену. За счет вращения барабана происходит интенсивное истечение жидкости из межпленочного пространства образующейся пены. Толщина жидких пленок, являющаяся основной структурной характеристикой получаемой пены, определяется интенсивностью вращения барабана, а также толщиной пенообразующего раствора над пластинами-диспергатора [9].

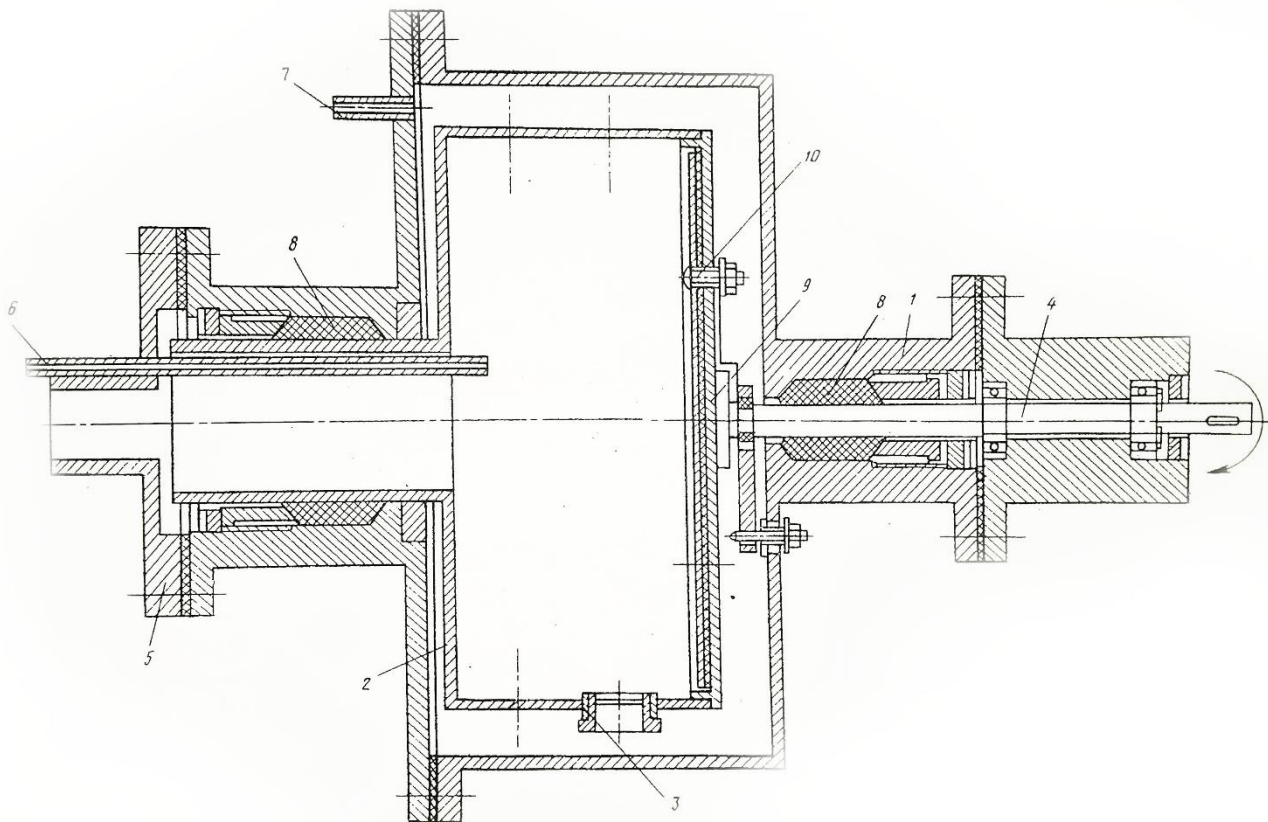


Рис. 4 – Конструкция пеногенератора №4

Вывод

Сделав анализ и сравнение конструкций пеногенераторов диспергационного метода, можно сделать вывод, что для внутрипочвенного внесения жидких средств химизации в слое пены подходит конструкция № 2. Так как она проста в изготовлении, что влечет за собой малые финансовые затраты, эргономична и имеет более широкие возможности изменения параметров, которые можно подобрать, чтобы они могли удовлетворять наши потребности. Также решена проблема транспортировки пены благодаря наличию источника сжатого газа.

Список использованной литературы

1. Кругляков П. В. Пена и пенные пленки // М.: Химия. – 1990. –17 с.
2. Тихомиров В. К. Пены. Теория и практика их получения и разрушения // М.: Химия. – 1975. –13 с.
3. Тихомиров В. К. Пены. Теория и практика их получения и разрушения // М.: Химия. – 1983. –9 с.
4. Мельник В.І., Лук’яненко О.В. Обґрунтування методу для внесення рідких засобів хімізації в шарі піни // Вісник Харківського національного аграрного імені В.В. Докучаєва. – 2009. – №. 11. – С. 17-19.
5. Мельник В.І., Лук’яненко О.В. Обоснование производительности

пеногенератора для внутрепочвенного ленточного внесення жидких средств химизации // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – 2015. – №. 156. – с. 465 - 472.

6. Пат 2214915 РФ, МКЛ⁷ В28С5/38. Пеногенератор / Кабанов А.И. (RU), Миллер В.А. (RU), Чернов А.Н. (RU), (RU).– № 2001131053/03; Заявлено 16.11.2001; Опубл. 27.10.2003, - 16 с.
7. Пат 2243092 РФ, МКЛ⁷ В28С5/38. Устройство для получения пены. / Терехов Б.Ф. (RU), Терехов А.Ф. (RU), Аболтынь А.Я. (RU), Иваненко В.И. (RU), Власова С.Г. (RU).– № 2001135914/03; Заявлено 27.12.2001; Опубл. 27.08.2003, - 8 с.
8. А.с. 929115 СССР, МКЛ³ А 62 С 1/12. Способ получения воздушно-механических пен / В.Ф. Круглов (СССР).– № 2944580/23-26; Заявлено 20.06.80; Опубл. 23.05.82, Бюл. № 19.- 4 с.
9. А.с. 650637 СССР, МКЛ² А 62 С 5/04. Устройство для образования воздушно-механической пены / Ю.П. Простов, В.Ф. Круглов, Е.А. Андреев, В.П. Скляр (СССР).– № 2526284/29-12; Заявлено 21.09.77; Опубл. 05.03.79, Бюл. № 9.- 3 с.

Анотація

ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ КОНСТРУКЦІЇ ПНОГЕНЕРАТОРА

Лук'яненко О. В.

Робота містить аргументований вибір конструкції пеногенератора для внутрігрунтового внесення рідких засобів хімізації в шарі піни.

Abstract

THE SUBSTANTIATION OF THE SELECTION OF THE FOAM CONSTRUCTION

A. Lukyanenko

In the work the designs of the foam generators of the dispersion method were considered, having analyzed their choice in subsequent use for sub-surface application of liquid chemicals in the foam layer.

ДОСЛІДЖЕННЯ СИЛИ ТА КОЕФІЦІЄНТА ЗЧЕПЛЕННЯ ОЛІЙНОГО НАСІННЯ З ПРОФІЛЬОВАНИМИ ПОВЕРХНЯМИ

Сукач О. М., к.т.н., ст. викл., Шевчук В. В., к.т.н., доц.

Львівський національний аграрний університет

Під час операцій злуцування та подрібнення насіння відбувається його переміщення крізь робочу зону технологічного обладнання. Даний процес супроводжується певним навантаженням створюваним робочими органами машин, а також потоком насіння. Збільшення сили та коефіцієнта зчеплення сприяє стабільному переміщенню насіння вздовж зони луцення за мінімальних значень тиску створюваного потоком насіння, внаслідок чого зменшується пошкодження ядер, або ж його спресовування.

Конструктивні параметри і діапазон технологічних регулювань обладнання для луцення визначається показниками фізичних, механічних і фрикційних властивостей насіння. Мета роботи полягає в тому, щоб розробити пристрій і спосіб дослідження, що дозволяє з високою точністю визначити силу та коефіцієнт зчеплення насіння з рифленими поверхнями за змінного нормального навантаження. Конструктивні особливості пристрою дозволяють змінювати нормальне навантаження шару насіння, а також тип рифленої поверхні. Висока точність результатів, досягається за рахунок використання в дослідженнях мікрометричного обладнання. Для визначення сили й коефіцієнта зчеплення досліджуване насіння встановлюється між двома рифленими поверхнями і піддається нормальному та тангенціальному навантаженню. Нижня рифлена поверхня встановлена на динамометричній балці, а верхня – на поворотній консолі, на тій же консолі змонтований навантажувальний механізм. Також у статті наведено методику та результати досліджень коефіцієнта та сили зчеплення олійного насіння з різними профільованими поверхнями.

Постановка проблеми. Фізико-механічні властивості насіння олійних культур визначають конструктивні, кінематичні параметри та режими роботи машин для його переробки [3, 4]. Вихідною умовою для обґрунтування параметрів технічних засобів для луцення насіння є такі властивості насіння: межа міцності оболонки і насіння, граничні нормальні й тангенціальні навантаження, деформація, а також сила та коефіцієнт зчеплення насіння з поверхнями робочих органів машин [1]. Достатнє значення сили й коефіцієнта зчеплення забезпечує стабільне переміщення насіння, яке знаходиться під певним навантаженням.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Наукові роботи [1, 3, 4, 5] свідчать, що дослідження фізико-механічних властивостей насіння спрямовані переважно на вивчення зернових культур, соняшнику та бур'янів, а відомості про технологічні властивості насіння конопель, розторопші плямистої та гарбуза

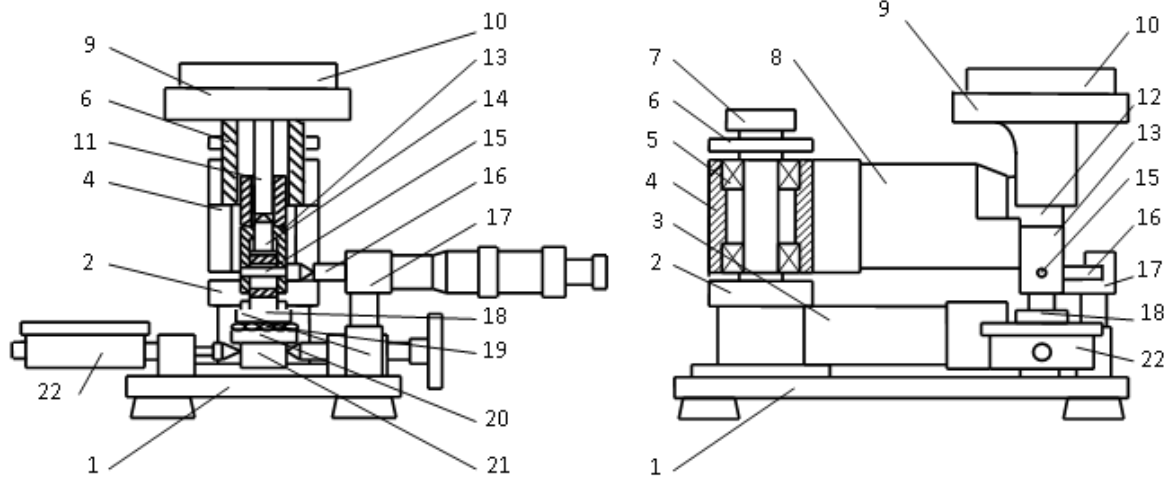
відсутні. Тому необхідно дослідити основні показники механіко-технологічних властивостей насіння і ядер, а саме силу і деформацію роздавлювання насіння і ядер, їх жорсткість, межу міцності, силу та коефіцієнт зчеплення насіння з профільованою поверхнею. Від даних показників залежать конструкційні параметри і діапазон технологічних регулювань луцильного обладнання [8, 9].

Постановка завдання. Основою поставленого завдання є створення пристрою для дослідження широкого спектру механіко-технологічних властивостей насіння олійних культур. Забезпечення широкого діапазону властивостей насіння досягається використанням змінних виконавчих модулів пристрою, завдяки чому знижується матеріаломісткість обладнання, а ступінь його уніфікації значно підвищується [2]. Оскільки, технологічні процеси злущування мають ряд обмежень щодо механічного навантаження насіння, які зумовлені межею міцності та граничною деформацією ядра, то визначення сили та коефіцієнта зчеплення насіння з поверхнею контакту повинні досліджуватися в межах допустимих значень. Метою роботи є встановлення значення сили й коефіцієнта зчеплення насіння конопель, розторопші плямистої та гарбуза.

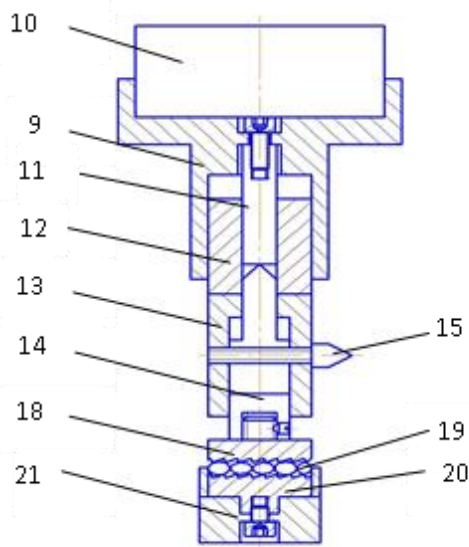
Виклад основного матеріалу. Пристрій для дослідження злущування насіння здійснює деформацію насіння у нормальному та тангенціальному напрямках, але не враховує величини створюваного нормального навантаження. В такому випадку, необхідне додаткове оснащення базового пристрою механізмом, який забезпечує навантаження досліджуваного насіння нормальною силою. Пристрій для дослідження сили та коефіцієнта містить базову плиту 1 (рис 1 а, б) зі змонтованою на ній вертикальною стійкою 2. У нижній частині стійки 2 жорстко закріплена горизонтально розташована консольна динамометрична балка 3. На вертикальній стійці 2 змонтована обойма 4, до якої прикріплена поворотна консоль 8, що може вільно повертатись у горизонтальній площині. На поворотній консолі 8, співвісно з напрямним корпусом 13, змонтований напрямний циліндр 12, вздовж поверхні якого переміщається втулка навантажувального механізму 9.

Верхня розширена частина навантажувального механізму 9 (рис. 1 б) виконана у вигляді чашки, в якій розміщується тягарець 10. У центрі дна чашки монтується стержень 11, який проходить через отвір напрямного циліндра 12 й контактує зі штоком 14, розташованим у корпусі 13. Повздовжнє ковзання й осьове повертання штока 14 обмежує штифт 15, що закріплений в корпусі 13. Наконечник штифта 15 контактує із штоком горизонтально встановленого мікрометра 16, який закріплений на базовій плиті 1 за допомогою кронштейна 17.

У нижній частині штока 14 змонтований притискач 18 з горизонтальною рифленою робочою поверхнею, яка контактує з шаром насіння 19, встановленого на профільованій робочій площадці 20 з обмежувальним кільцем. На консольній динамометричній балці 3 встановлена колодка 21, до якої і кріпиться робоча площадка 20 з обмежувальним кільцем.



а)



б)



в)

Рис. 1 – Пристрій для дослідження сили та коефіцієнта зчеплення насіння з профільованими поверхнями: а – принципова схема; б – схема та зовнішній вигляд навантажувального механізму; в – загальний вигляд

Перед дослідженням сили та коефіцієнта зчеплення насінин з профільованими поверхнями здійснюють тарування консольної динамометричної балки 3. Завершивши тарування, на робочу площадку 20 з обмежувальним кільцем вкладають шар насіння, на який встановлювався притискач 18 із заданим профілем робочої поверхні. Нормальне навантаження шару насіння відбувається під дією сили ваги притискача 18, штока 14 й навантажувального механізму 9 з тягарцем 10. Після цього шток горизонтально змонтованого мікрометра 16 підводиться до наконечника штифта 14. Повертанням барабана мікрометра 16 відхиляється у горизонтальному напрямі поворотна консоль 8 й здійснюється переміщення притискача 18 по шару насіння 19, навантаженого певною нормальною силою. Під дією штока мікрометра 16, деформується у горизонтальному напрямі консольна динамометрична балка 3 жорсткістю c_b , прогин якої Δ_{ind} реєструють за показом індикатора 22. Силу зчеплення $F_{зч}$ (Н) та коефіцієнт зчеплення $\varphi_{зч}$ досліджуваної поверхні з насінням визначають з виразів:

$$F_{зч} = \tilde{n} \Delta_{ind}; \quad (1)$$

$$\varphi_{зч} = \frac{F_{зч}}{N_{ш}}, \quad (2)$$

де $N_{ш}$ – сила нормального навантаження шару насінин, Н.

Під час експериментів на робочу площадку 20 встановлюється обмежувальне кільце, яке запобігає зміщенню насіння відносно профільованої поверхні. Виступ кільця над поверхнею робочої площадки не повинен перевищувати мінімальної висоти насінин завдяки чому, забезпечується вільне переміщення профільованої поверхні притискача 18 по шару досліджуваного насіння.

Поверхня притискача та робочого столика має рифлений профіль з певною висотою канавок та кроком між їх вершинами. Такі канавки виконані проходом пальцевої фрези на певній глибині та деяким кутом нахилу до горизонтальної площини, внаслідок чого поперечний перетин рифленої поверхні набуває вигляду зубової пили. Дослідження технологічних властивостей насіння проводилось для наступних умов: нормальна сила навантаження $N_{ш} = 9,5$ Н, жорсткість c_b тарованої балки – 5,34 Н/мм [6, 7]. Результати взаємодії олійного насіння з різними типами поверхонь представлені в таблиці 1.

Згідно результатів досліджень (табл. 1) встановлено, що сила $F_{зч}$ та коефіцієнт $\varphi_{зч}$ зчеплення насіння збільшуються пропорційно зростанню висоти канавок. У випадку взаємодії насіння конопель з рифленою поверхнею сила зчеплення знаходиться в межах 3,182 – 7,718 Н, а коефіцієнт зчеплення відповідно становить 0,35 та 0,863. Коефіцієнт зчеплення насіння розторопші з профільованими поверхнями є меншим ніж у насіння конопель й змінюється від 0,302 до 0,604. Найменша сила та коефіцієнт зчеплення спостерігається під час взаємодії насіння гарбуза з профільованими поверхнями, що свідчить про необхідність збільшення нормального навантаження для забезпечення достатнього зчеплення під час переміщення масиву насіння.

Таблиця 1 – Результати досліджень сили та коефіцієнта зчеплення насіння з профільованими поверхнями

Насіння конопель						
Сила зчеплення $F_{зч}$, Н					Значення	
<i>висота канавки 1 мм</i>						
1	2	3	4	5	Середнє значення $F_{зч}$, Н	Коеф. зчеплення $\varphi_{зч}$
3,20	3,26	3,04	3,2	3,2	3,182	0,35
<i>висота канавки 1,4 мм</i>						
1	2	3	4	5	Середнє значення $F_{зч}$, Н	Коеф. зчеплення $\varphi_{зч}$
6,14	5,87	6,408	5,87	6,42	6,141	0,68
<i>висота канавки 1,8 мм</i>						
1	2	3	4	5	Середнє значення $F_{зч}$, Н	Коеф. зчеплення $\varphi_{зч}$
7,59	8,22	7,74	7,22	8,06	7,718	0,863
Насіння розторопші плямистої						
<i>висота канавки 1 мм</i>						
1	2	3	4	5	Середнє значення $F_{зч}$, Н	Коеф. зчеплення $\varphi_{зч}$
2,09	2,51	2,98	2,93	3,09	0,272	0,302
<i>висота канавки 1,4 мм</i>						
1	2	3	4	5	Середнє значення $F_{зч}$, Н	Коеф. зчеплення $\varphi_{зч}$
5,23	5,13	4,76	4,55	4,66	4,874	0,54
<i>висота канавки 1,8 мм</i>						
1	2	3	4	5	Середнє значення $F_{зч}$, Н	Коеф. зчеплення $\varphi_{зч}$
5,76	6,23	5,65	5,55	5,81	5,80	0,644
Насіння гарбуза						
<i>висота канавки 1 мм</i>						
1	2	3	4	5	Середнє значення $F_{зч}$, Н	Коеф. зчеплення $\varphi_{зч}$
1,57	2,09	1,57	2,25	2,04	1,90	0,212
<i>висота канавки 1,4 мм</i>						
1	2	3	4	5	Середнє значення $F_{зч}$, Н	Коеф. зчеплення $\varphi_{зч}$
3,66	3,56	3,30	3,19	3,24	3,39	3,66
<i>висота канавки 1,8 мм</i>						
1	2	3	4	5	Середнє значення $F_{зч}$, Н	Коеф. зчеплення $\varphi_{зч}$
4,19	3,75	4,26	4,26	3,75	4,041	0,448

Додаткове встановлення навантажувального механізму значно розширює функціональні можливості пристрою й забезпечує визначення більш широкого діапазону показників механіко-технологічних властивостей насіння. Зокрема, сили та коефіцієнта зчеплення насіння з профільованою поверхнею, які визначаються в умовах, що відповідають динамічному навантаженню матеріалу під час переробки.

Висновки

Актуальністю відзначаються дослідження і поглиблене вивчення механіко-технологічних властивостей насіння малопоширених олійних культур: нормальна і тангенціальна деформація під час стиску і зсуву, жорсткість і межа міцності, податливість злущування. Фізико-механічні властивості насіння олійних культур є вихідною умовою для обґрунтування конструктивних, кінематичних параметрів обладнання для їх переробки.

Встановлення показників вказаних властивостей насіння можливе за наявності вимірювальної бази (пристрої, обладнання, методики проведення досліджень). З цією метою розроблено пристрій і методику дослідження сили та коефіцієнта зчеплення насіння з профільованими поверхнями.

Список використаних джерел

1. Бакум М. В. Дослідження фізико-механічних властивостей насіння, що мають пружний елемент / М.В.Бакум, О.А. Шептур // Механізація сільськогосподарського виробництва: Вісник Харківського державного технічного університету сільського господарства:– 2001. – № 21. – С. 223-227.
2. Зайцев А. Н. Разработка блочно-модульных конструкций – перспективное направление в создании измельчителей и дробилок кормов. / А. Н. Зайцев, Л. И. Туриянский – К., 1987. – 73 с.
3. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: Підручник / [О.М. Царенко, Д.Г. Войтюк, В.М. Швайко та ін.]; За ред. С.С. Яцуна. – К.: Мета, 2003. – 448 с.
4. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: Практикум / [М.В. Бакум, О.М. Горбатовський, Ю.О. Манчинський та ін.]; За ред. Ю.О. Манчинського. – Харків: ХНТУСГ, 2005. – 196 с.
5. Осейко М. І. Технологія рослинних олій: Підручник / М. І. Осейко. – К: Варта. – 2006. – 280 с.
6. Патент 51885, Україна, МПК В02В 3/02. Пристрій для дослідження насінин на стиск /Р.С. Шевчук, В.В. Шевчук; заявник та патентовласник Львів. нац. агр. ун-т. – № u200913755; заявл. 28.12.2009; опубл. 10.08.2010, Бюл.№15, 2010 р.
7. Шевчук Р.С. Пристрій для дослідження злущування насінин розторопші плямистої./ Р. С. Шевчук, О. М. Сукач // Техніка і технології в АПК. – № 11(38) 2012. –С. 29 – 31.
8. Burubai W, Amula E, Davies RM, Eteke GWW, Daworiye SP. Determination of Poisson's ratio and elastic modulus of African nutmeg *International Agrophysics*. 2008; 22(2):99 – 102.
9. Hicsasmaz Z, Rizvi SSH. Effect of size and shape on modulus of deformability. *Food Science and Technology*. 2005;38(4):431 – 435.

Аннотация

ИССЛЕДОВАНИЕ СИЛЫ И КОЭФФИЦИЕНТА СЦЕПЛЕНИЯ МАСЛИЧНЫХ СЕМЯН С ПРОФИЛИРОВАННОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ

Сукач О. М., Шевчук В. В.

Во время операций шелушения, или измельчения семян происходит его перемещение через рабочую зону технологического оборудования. Данный процесс сопровождается определенным нагрузкам, создаваемым рабочими органами машин, а также потоком семян. Увеличение силы и коэффициента сцепления способствует стабильному перемещению семян вдоль зоны шелушения при минимальных значений давления создаваемого потоком семян, вследствие чего уменьшается повреждения ядер, или же его прессования.

Конструктивные параметры и диапазон технологических регулировок оборудования для шелушения определяется показателями физических, механических и фрикционных свойств семян. Цель состоит в том, чтобы разработать устройство и способ исследования, позволяющий с высокой точностью определить силу и коэффициент сцепления семян с рифлеными поверхностями за переменного нормальной нагрузки. Конструктивные особенности устройства позволяют изменять нормальную нагрузку слоя семян, а также тип рифленой поверхности. Высокая точность результатов достигается за счет использования в исследованиях микрометрического оборудования. Для определения силы коэффициента сцепления семена устанавливаются между двумя рифлеными поверхностями и подвергается нормальной и тангенциальной нагрузке. Нижняя рифленая поверхность установлена на динамометрической балке, а на поворотной консоли смонтирован нагрузочный механизм. В статье приведена методика и результаты исследований коэффициента и силы сцепления масличных семян с различными профилированными поверхностями.

Abstract

RESEARCH OF FORCE AND COEFFICIENT OF GRIP OIL SEED WITH PROFILED SURFACES

O. Sukach, V. Shevchuk

During crushing operations, or dehulling of seeds, it moves through the working zone of process equipment. This process is accompanied by a certain load, created by the working bodies of machines, as well as the flow of seeds. The increase in force and the coefficient of grip contributes to the stable movement of seeds along the hulling zone at the minimum values of pressure created by the flow of seeds, resulting in reduced damage to the kernel, or pressing.

The structural parameters and the range of technological adjustments of equipment for dehulling are determined of the physical, mechanical and frictional properties of the seeds. The purpose is to develop a device and a method of study that allows you to determine with high accuracy the strength and the coefficient of grip the

seeds with corrugated surfaces for an alternating normal load. Constructive features of the device allow to change the normal loading of the layer of seeds, as well as the type of profiled surface. The high correctness of the results is achieved through the use of micrometric equipment in research. In order to determine the strength of the coupling coefficient, the seed to be examined is between two corrugated surfaces and is subjected to normal and tangential loading. The lower corrugated surface is mounted on a torque gauge beam, and the top on the turntable, on the same console mounted load mechanism. The article presents the methodology and results of investigations of coefficients and forces of grip of oil seed with different profiled surfaces.

УДК 664.7.05;621.979

ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОЧОГО ЦИКЛУ МАЛОГАБАРИТНОГО ШНЕКОВОГО ОЛІЙНОГО ПРЕСУ

Паславський В. Р., асп.

Львівський національний аграрний університет

Враховуючи конструктивні особливості малогабаритних шнекових пресів, запропоновано методика розрахунку тиску в зоні відокремлення олії та каналів запірної частини. Це дає змогу теоретично обґрунтувати геометричні параметри та режими роботи шнекового преса, які усувають можливість закупорювання макухи у запірній частині, або її виходу із значним вмістом олії.

Постановка проблеми. У сучасних шнекових олійних пресах застосовуються різні конструктивні рішення для забезпечення їх ефективної роботи. В методиках обґрунтування параметрів основну увагу приділено розрахунку робочого тиску пресування, що залежить від геометричних параметрів шнекового вала та запірної частини. Також значну увагу приділено визначенню енергетичних затрат на переробку одиниці маси насіння олійних культур або безпосередньо отримання олії.

Застосовуючи різні методи розрахунку параметрів шнекового пресу потрібно враховувати умови збереження якісних показників олії. Теоретичні дослідження робочого циклу шнекового олійного пресу не враховують можливості зменшення внутрішніх опорів завдяки застосування конструктивних змін. Тому доцільно продовжити удосконалення методів теоретичного обґрунтувати параметри малогабаритних шнекових олійних пресів для досягнення їх високої ефективності за малих затрат енергії та отримання високоякісного продукту.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В теоретичних дослідженнях Ю.П. Кудріна, В.А. Маслікова, А.Ю. Толчинського, Т.А. Дідика вважається, що робочий тиск процесу пресування є основним технологічним чинником, який впливає на якісні та кількісні показники роботи шнекового преса. Величина

тиску залежить від форми гвинтового каналу шнекового вала, його геометричних особливостей [1, 2]. Запропоновано вираз для визначення тиску в шнековому пресі у функції кількості витків:

$$P = \frac{A}{(1 - K_i - x) \cdot B - V_o}, \quad (1)$$

де A – емпіричний коефіцієнт, що характеризує роботу процесу пресування, різний за величиною для матеріалів з різними ступенями опору пресуванню і початковими об'ємами;

K_i – коефіцієнт зменшення кроку;

$$B = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \lambda \cdot \frac{S_o \cdot n}{60}; \quad \lambda = \frac{d^2}{D^2};$$

D – зовнішній діаметр шнекового витка;

d – діаметр маточини шнекового витка;

S_o – початковий крок витка;

V_o – об'єм нестискуваної частини матеріалу за умови гранично можливого його ущільнення.

Цей вираз не враховує впливу запірної частини на зміну тиску. Тому в роботах [3, 4] запропоновано розподіл тиску після шнекового витка визначати з виразу:

$$P = 0.001 \left[\frac{V_1 \varepsilon}{k(1 + \varepsilon)} + q \right] + e^{-cz} P_{x0} \sqrt{1 + \xi^2}. \quad (2)$$

Всі параметри, що входять у вираз, мають конкретне значення в будь-якій точці після витка. Тобто йде мова про закон зміни загального тиску після останнього витка шнекового вала. Розглянутий вираз не дозволяє розрахувати залежність зміни тиску вздовж всього шнекового вала.

У теоретичних дослідженнях [5] представлено вираз для визначення максимального тиску, на який впливає частота обертання шнекового вала, площа отворів для відведення макухи, а також об'єм витків шнекового вала:

$$P_{\max} = \frac{\rho_m V_1^2 \omega^2}{A_{\text{отв}} (1 - f) \eta_1} \left(\frac{1}{A_{\text{отв}} \eta_1} - \frac{1}{A_k} \right), \quad (3)$$

де ρ_m – об'ємна маса макухи, кг/м³;

V_1 – об'єм, який займає макуха;

ω – кутова швидкість обертання шнекового вала, рад/с;

$A_{\text{отв}}$ – сумарна площа вихідних отворів, м²;

f – коефіцієнт, який залежить від частоти обертання шнекового вала та коефіцієнта тертя суміші частково подрібненого насіння та відтисненої олії;

η_1 – коефіцієнт, який характеризує нерівномірність використання площі вихідних отворів;

A_k – площа перерізу прикінцевої камери, м².

У розглянутій методиці розрахунку враховано геометричні особливості гвинтового каналу, які створюють суттєвий вплив на основні складові переробки олієвмісної сировини, зокрема, на продуктивність, вихід олії та енергетичні показники. Однак враховуючи запропоновані конструктивні удосконалення [6] потрібно внести відповідні зміни у методику розрахунку параметрів малогабаритного шнекового преса.

Мета досліджень. Враховуючи геометричні параметри шнека записати диференціальні рівняння руху олійної сировини по гвинтовому каналі та макухи по каналу запірної частини для обґрунтування параметрів малогабаритних шнекових олійних пресів.

Виклад основного матеріалу. Робочий цикл кожного з малогабаритних шнекових олійних пресів містить такі етапи:

перший – стискання і подрібнення у робочій камері олійної сировини (насіння або ж макухи при повторному пресуванні) з одночасним відтисканням олії;

другий – формування потоку макухи у вхідному кільцевому каналі;

третій – переміщення частини потоку макухи в кільцевому вихідному каналі.

Перший етап робочого циклу преса – стискання і подрібнення олійної сировини з одночасним відтисканням олії – реалізується у робочій камері (рис. 1), утвореній гвинтовим міжвитковим каналом шнека й циліндричною робочою поверхнею діаметром d_1 , утвореною внутрішньою поверхнею робочого циліндра, дещо подовженою циліндричною поверхнею такого ж діаметра d_1 завантажувальної частини корпусу. Зовнішній діаметр шнека становить $D_{ш}$ й, нехтуючи зазором між кромками витків шнека та циліндричною робочою поверхнею, вважаємо $D_{ш} = d_1$.

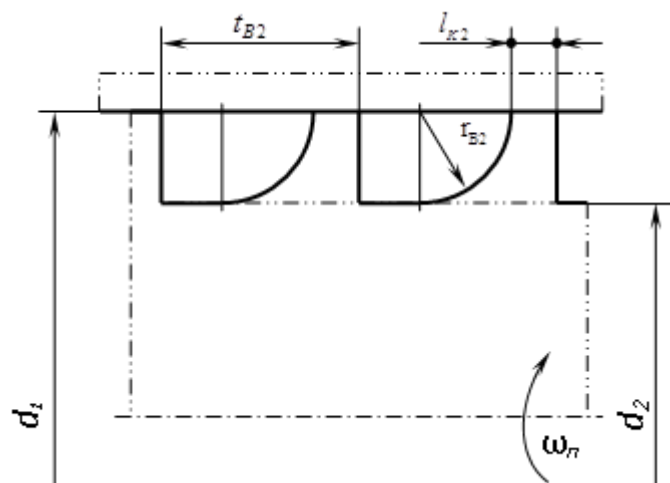


Рис. 1 – Схема для розрахунку першого етапу робочого циклу малогабаритного преса – стискання і подрібнення олійної сировини з одночасним відтисканням олії (переміщення олійної сировини в робочій камері)

Крок витків шнека t_{B2} (рис. 1), а товщина вершин кромки витків l_{K2} . Гвинтовий міжвитковий канал шнека утворений тильною стінкою витка

висотою, циліндричною поверхнею впадин діаметром d_2 , а також робочою циліндричною поверхнею витка радіусом r_{B2} . Обертається шнек, якщо дивитись з його носової (передньої) частини, проти годинникової стрілки з кутовою швидкістю ω_n . Поверхня міжвиткового гвинтового каналу шнека полірована і коефіцієнт тертя по ній олійної сировини (насіння чи макухи) становить f . Коефіцієнт тертя f встановлюється експериментально для різних видів сировини.

Будемо вважати що робоче тіло займає весь канал шнека. Двома близькими площинами, що проходять через вісь шнека, виділимо з робочого тіла елементарний об'єм, рис. 2.

Знайдемо характерні площі цього об'єму:

– площа поперечного перерізу:

$$A_n = h \cdot r_{B2} + \frac{\pi \cdot r_{B2}^2}{4}; \quad (4)$$

– площа контакту цього об'єму нерухомою циліндричною поверхнею:

$$A_1 = ds \cdot (h + r_{B2}) = ds \cdot (t_{B2} - l_{K2}), \quad (5)$$

де t_{B2} – крок витків шнека;

$r_{B2} = \frac{d_1 - d_2}{2}$ радіус заокруглення та висота витка шнека;

l_{K2} – товщина кромки вершин шнека;

$h = f_{B2} - l_{K2} - r_{B2}$;

– площа контакту елементарного об'єму з поверхнею шнека

$$A_2 = \frac{d_1^2 - d_2^2}{8} \cdot d\gamma + \frac{d_2}{2} \cdot d\gamma \cdot h + \int_0^{\frac{\pi}{2}} r_{B2} \cdot d\alpha \cdot \left(\frac{d_1}{2} - r_{B2} \cdot \sin \alpha\right) \cdot d\gamma$$

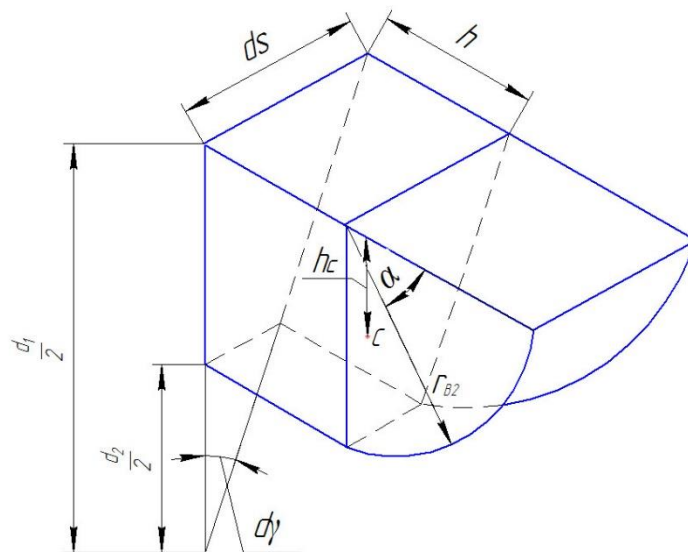


Рис. 2 – Схема елементарного об'єму

Після інтегрування отримаємо:

$$A_2 = \left(\frac{d_1^2 - d_2^2}{8} + r_{B2} \cdot \left(\frac{\pi d_1}{4} - r_{B2} \right) \right) \cdot \frac{2d_s}{d_1}, \quad (6)$$

де $d\gamma = \frac{2d_s}{d_1}$.

Знайдемо положення центру ваги площі поперечного перерізу A_n :

$$h_c = \frac{h \cdot r_{B2} \cdot \frac{r_{B2}}{2} + \frac{\pi \cdot r_{B2}}{4} \cdot \frac{2}{3} r_{B2} \cdot \frac{\sin 45}{\frac{\pi}{4}} \cdot \cos 45}{A_p} = \frac{r_{B2}^2 \left(\frac{h}{2} + \frac{r_{B2}}{3} \right)}{A_n}. \quad (7)$$

Виділимо в каналі шнека елементарний об'єм масою $dm = \rho A_n ds$, де ρ – змінюється в процесі руху сировини. На виділений об'єм під час руху діють сили зчеплення, сили тертя та сили тиску (рис. 3).

Запишемо диференціальне рівняння руху виділеної елементарної маси:

$$\frac{d(\rho A_n ds \cdot U)}{dt} = PA_n - (P + dP) \cdot A_n + F_{зч} \cdot ds(t_{B2} - l_{B2}) - F_T \cdot ds \left(\frac{\pi r_{B2}}{2} + t_{B2} - l_{B2} \right) \quad (8)$$

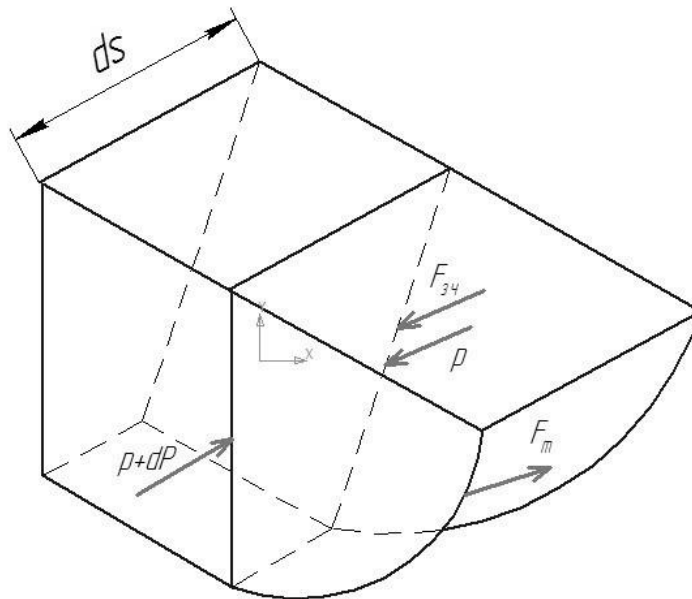


Рис. 3 – Схема дії сил на виділений елемент

Вважаємо, що тиск передається і на площу контакту сировини зі стінкою шнека, і на поверхню циліндра, а тому сили зчеплення і сили тертя, що діють на одиницю площі, можна записати так:

$$F_T = f \cdot P; \quad F_{зч} = \left(\varphi_0 + K_\varphi \frac{x}{L_1} \right) P, \quad (9)$$

де f – коефіцієнт тертя сировини до поверхні шнека;

$\varphi_0 + K_\varphi \frac{x}{L_1}$ – змінний коефіцієнт зчеплення;

L_1 – довжина шнека; $0 \leq x \leq L_1$;

U – швидкість елементарної маси.

Після деяких спрощень рівняння (8) матиме вигляд:

$$\frac{d(\rho U)}{dt} = -\frac{dP}{ds} + Pb(x), \quad (10)$$

де
$$b(x) = \frac{\left(\varphi_0 + K_\varphi \frac{x}{L_1}\right)(t_{B2} - l_{K2}) - f\left(\frac{\pi r}{2} + t_{B2} - l_{K2}\right)}{A_n}$$

Оскільки $ds = \frac{dx}{\sin \alpha}$; $\frac{d(\rho u)}{dt} = \frac{d(\rho u)}{dx} \frac{dx}{dt} = U \frac{d(\rho u)}{dx}$, то рівняння (10) можна записати так:

$$U \frac{d(\rho U)}{dx} = Pb(x) - \sin \alpha \frac{dP}{dx}, \quad (11)$$

де α – кут підйому витків шнека.

Сировина складається з двох компонентів: макухи, яка має початкову густину ρ_{10} і займає початковий об'єм V_{10} , та оливи, що має початкову густину ρ_2 та займає початковий об'єм V_{20} . в процесі стискання об'єм макухи дещо зменшується, а відповідно, її густина зростає, так що маса макухи залишається постійною, тобто $\rho_1 V_1 = \rho_{10} V_{10} = const$. А об'єм оливи і, відповідно, її маса зменшуються внаслідок відтискання і витікання оливи. Вважаємо, що зміну об'ємів макухи та оливи, залежно від тиску можна обчислювати за формулами;

$$V_1 = V_{10} \left(\frac{V_{1k}}{V_{10}} + \left(1 - \frac{V_{1k}}{V_{10}}\right) e^{-K_2 \frac{P-P_a}{P_a}} \right), \quad (12)$$

$$V_2 = V_{20} \left(\frac{V_{2k}}{V_{20}} + \left(1 - \frac{V_{2k}}{V_{20}}\right) e^{-K_2 \frac{P-P_a}{P_a} \cdot \frac{x-x_0}{x_0} H(P-P_0)} \right),$$

де V_{1k} V_{2k} – значення об'ємів макухи і оливи при дуже великому тиску;

P_a – атмосферний тиск;

P_0 – тиск, при якому починає виділятися олива;

x_0 – абсциса перерізу, в якому тиск дорівнює P_0 .

Функція $H(z)$ приймає значення: $H(z) = \begin{cases} 0 & z \leq 0 \\ 1 & z > 0 \end{cases}$.

k_1, k_2 – деякі емпіричні коефіцієнти.

Густина сировини в довільний момент часу буде дорівнювати:

$$\rho = \frac{\rho_{10}V_{10} + \rho_2V_2}{V_1 + V_2} \quad (13)$$

Швидкість U у довільний момент часу становитиме деяку частину від максимально можливої швидкості:

$$U_{\max} = \omega r_c \operatorname{tg} \alpha . \quad (14)$$

Прийmemo, що швидкість змінюється за законом:

$$U = U_{\max} \left(\frac{x}{L_1} \right)^2 . \quad (15)$$

Оскільки в рівняння (10) входить похідна від густини, то знайдемо похідну від виразу (13):

$$\frac{d\rho}{dx} = \frac{(\rho_2V_1 - \rho_{10}V_{10})\frac{dV_2}{dx} - (\rho_{10}V_{10} - \rho_2V_2)\frac{dV_1}{dx}}{(V_1 + V_2)^2} . \quad (16)$$

де:

$$\frac{dV_1}{dx} = -\frac{V_{10}K_1}{P_a} + \left(1 - \frac{V_{1k}}{V_{10}} \right) e^{-K_1 \frac{P-P_a}{P_a}} \cdot \frac{dP}{dx}$$

$$\frac{dV_2}{dx} = -V_{20}K_2 \left(1 - \frac{V_{2k}}{V_{20}} \right) e^{-K_2 \frac{P-P_0}{P_a} \frac{x-x_0}{x_0} H(P-P_0)} \cdot \left(\frac{x-x_0}{x_0} \frac{1}{P_a} \frac{dP}{dx} + \frac{P-P_0}{P_a} \cdot \frac{1}{x_0} \right) H(P-P_0)$$

Для зручності зробимо ще заміну $P = P_a \cdot y$; $P_0 = P_a \cdot z_0$ і тоді диференціальне рівняння (8) матиме остаточний вигляд:

$$\sin \alpha \frac{dy}{dx} + \frac{U^2}{P_a} \frac{d\rho}{dx} = y \cdot b(x) - U\rho \frac{dU}{dx} . \quad (17)$$

Це нелінійне диференціальне рівняння служить для визначення закону розподілу тиску вздовж довжини шнека. Це рівняння аналітично розв'язати неможливо, а тому потрібно використовувати числові методи. Зокрема було використано числовий метод Рунге-Кутта четвертого порядку точності. Цей розв'язок реалізовано у середовищі MATLAB.

На роботу шнекового преса значний вплив має формування потоку макухи у вхідному кільцевому каналі та її переміщення до вихідного кільцевого каналу.

Нехай макуха на виході з шнека в кільцевий канал має швидкість V_0 і площа перерізу каналу на виході:

$$A_0 = \frac{\pi}{4} (D_3^2 - d_4^2) . \quad (18)$$

Площу перерізу каналу у довільному перерізі, що знаходиться на відстані x від вхідного отвору (рис. 4), можна обчислити за формулою:

$$A_{(x)} = \frac{\pi}{4} \left((D_3 - 2x \operatorname{ctg} \alpha_3)^2 - (d_4 + 2x \operatorname{ctg} \alpha_4)^2 \right), \quad (19)$$

де D_3, d_4 – зовнішній і внутрішній діаметри вхідного кільцевого каналу відповідно;

α_3 – кути між зовнішньою площиною вхідного кільцевого каналу і перпендикуляром до осі;

α_4 – кути між внутрішньою площиною вхідного кільцевого каналу і перпендикуляром до осі.

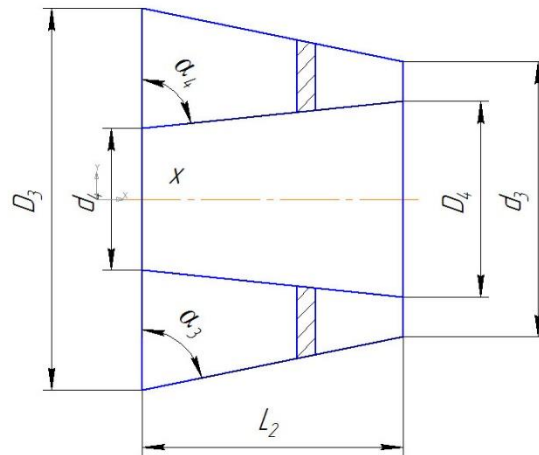


Рис. 4 – Схема вхідного кільцевого каналу

Для дослідження руху макухи у кільцевому каналі виділимо двома паралельними площинами елементарний об'єм (рис. 5) і покажемо сили, що діють на цей об'єм.

Тут $P|x|$ – тиск, що змінюється по довжині каналу. Вважатимемо, що цей тиск передається і на стінки каналу, тобто $N = P$ і сила тертя $T = fN$, (f – коефіцієнт тертя ковзання).

Запишемо для виділеного об'єму теорему про зміну кількості руху механічної системи в проекції на вісь Ox :

$$\begin{aligned} & \rho_{V_1} \cdot A(x) \cdot dt \cdot V_1 - \rho_{V_2} \left(A(x) + \frac{dA}{dx} \right) \cdot A_2 \cdot dt = \\ & = \left(P \cdot A - \left(P + \frac{dP}{dx} dx \right) \cdot \left(A + \frac{dA}{dx} dx \right) - N \cdot \pi (D_3 - 2x \operatorname{ctg} \alpha_3) \cdot \frac{dx}{\sin \alpha_3} \cdot (\cos \alpha_3 + f \sin \alpha_3) - \right. \\ & \left. - N \cdot \pi (D_4 + 2x \operatorname{ctg} \alpha_4) \cdot \frac{dx}{\sin \alpha_4} \cdot (\cos \alpha_4 + f \sin \alpha_4) \right) dt, \quad (20) \end{aligned}$$

де dt – елементарна частинка;
 V_1 – швидкість макухи на вході у виділений об'єм;
 V_2 – швидкість макухи на виході з об'єму;
 ρ – густина макухи (вважаємо її сталюю).

$$\frac{dA}{dx} = -\pi(D_3 - 2xctg\alpha_3)ctg\alpha_3 - \pi(D_4 - 2xctg\alpha_4)ctg\alpha_4$$

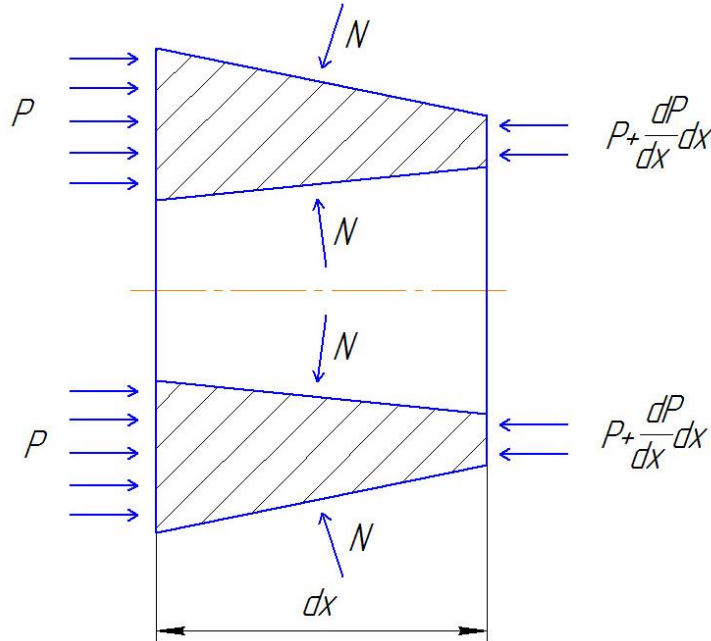


Рис. 5 – Схема дії сил на елементарний об'єм

Вважаємо, що макуха заповнює канал повністю неперервним чином, а тому об'єм речовини, що проходить через довільний переріз за одиницю часу є величина постійна, тобто:

$$V \cdot A = const = V_0 \cdot A_0,$$

$$V_1 = \frac{V_0 \cdot A_0}{A(x)}; \quad V_2 = \frac{V_0 \cdot A_0}{A + \frac{dA}{dx} dx} \quad (21)$$

Тоді об'єм тіла, зображеного на рис. 4, буде рівним:

$$V_1 = A_n \cdot \left(\frac{d_1}{2} - h_c \right) \cdot \frac{2ds}{d_1} \quad (22)$$

Підставивши вирази V_1 , V_2 , $N = P$ у рівняння (20), після спрощень і нехтування величинами вищого порядку, одержимо диференціальне рівняння:

$$\frac{dP}{dx} = -B(x)P + \frac{\rho \cdot V_0^2 \cdot A_0^2}{A^3} - \frac{dA}{dx}, \quad (23)$$

де $B(x) = \frac{f\pi}{A(x)} (D_3 - 2xctg\alpha_3 + d_4 + 2xctg\alpha_4)$

Розв'язок диференціального рівняння (23) будемо шукати у вигляді добутку двох функцій:

$$P(x) = u(x) \cdot q(x) , \quad (24)$$

$$\frac{dP}{dx} = \frac{du}{dx} q + \frac{dq}{dx} u$$

Підставляємо рівняння (24) у (23):

$$q \left(\frac{du}{dx} + B(x) \cdot u \right) = -u \frac{dq}{dx} + \frac{\rho \cdot V_0^2 \cdot A_0^2}{A^3} \cdot \frac{dA}{dx} . \quad (25)$$

Функцію $u(x)$ знаходимо з однорідного диференціального рівняння:

$$\frac{du}{dx} + B(x) \cdot u = 0 . \quad (26)$$

Розділяємо змінні та інтегруємо:

$$\int \frac{du}{u} = - \int B(x) dx ,$$

або

$$\ln u = \int \frac{4f dx}{(D_3 - 2x \operatorname{ctg} \alpha_3) - (d_4 + 2x \operatorname{ctg} \alpha_4)}$$

$$\ln u = \frac{4f}{2(\operatorname{ctg} \alpha_3 + \operatorname{ctg} \alpha_4)} \cdot \ln((D_3 - 2x \operatorname{ctg} \alpha_3) - (d_4 + 2x \operatorname{ctg} \alpha_4))$$

Звідси отримуємо:

$$u(x) = (D_3 - d_4 - 2x(\operatorname{ctg} \alpha_3 + \operatorname{ctg} \alpha_4))^{\frac{4f}{(\operatorname{ctg} \alpha_3 + \operatorname{ctg} \alpha_4)}} \quad (27)$$

Підставляємо $u(x)$ у рівняння (25) і знаходимо функцію:

$$q(x) = \int_0^x \frac{\rho \cdot V_0^2 \cdot A_0^2 \cdot \frac{dA}{dx}}{A(x)^3 \cdot u(x)} dx + \frac{P_0}{u(0)} , \quad (28)$$

де P_0 – значення тиску на вході у кільцевий канал.

Останній інтеграл обчислити аналогічно неможливо, а тому потрібно використовувати числові методи. Отже, формула для обчислення тиску в довільному перетині каналу матиме наступний вигляд:

$$P(x) = P_0 \frac{u(x)}{u(0)} + u(x) \cdot \int_0^x \frac{\rho \cdot V_0^2 \cdot A_0^2 \cdot \frac{dA(z)}{dz}}{(A(z))^3 \cdot u(z)} dz . \quad (29)$$

Після опрацювання математичної моделі отримано залежності зміни тиску вздовж осі преса (рис. 6).

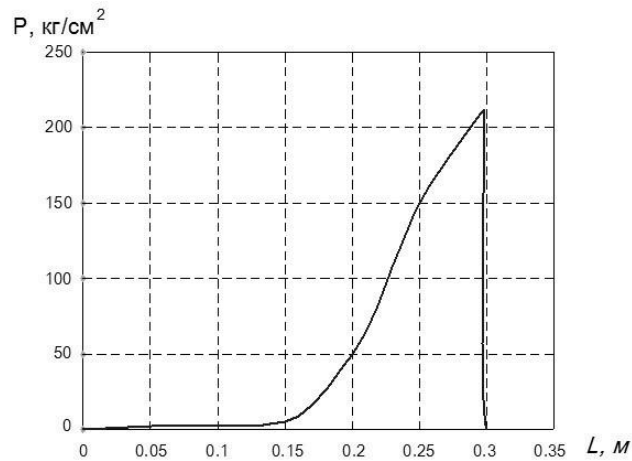


Рис. 6 – Залежність зміни тиску вздовж осі преса

Висновок. За результатами обрахунків зазначеної математичної моделі отримано закономірності зміни роботи шнекових олійних пресів. Значною мірою кількість отриманої олії залежить від швидкості потоку макухи, що пов'язано з геометричними параметрами та частотою обертання шнека. Із зменшенням цієї швидкості час перебування макухи у зоні максимального тиску зростає, що, в свою чергу, сприяє більшому виходу олії. Також вагомим параметром є віддаль від шнека до кінця запірної частини, оскільки пружні властивості макухи можуть спричинити перебої у роботі преса.

Список використаних джерел

1. Кудрин Ю.П. Разработка основ теории, методов расчета и интенсификации процессов в червячных машинах отрасли производства растительных масел : автореф. дис. на соискание ученой степени доктора техн. наук. – Харьков, 1992. – 47 с.
2. Масликов В. А. Примеры расчетов оборудования для производства растительных масел. – М. : Пищепромиздат, 1959. – 316 с.
3. Толчинский Ю. А. Расчет отжима в шнековом маслоотжимном прессе. // Химическое машиностроение. Вестник Харьковского политехнического института. – 1979. – № 159, Вып. 9. – С. 9-12.
4. Дидык Т. А. Повышение эффективности технологического процесса и обоснование параметров шнекового преса для экструдирования зернового материала : автореф. дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук – Саратов, 2006. – 21 с.
5. Ніщенко І. О., Ковалишин С. Й, Том'юк В. В. Вплив конструктивних параметрів шнекового вала на енергетичні показники олійновідтискового преса. // Конструювання та експлуатація сільськогосподарських машин: загальнодерж. міжвідом. наук.-техн. зб. –Кіровоград : КНТУ, 2010. – Вип. 40, ч. 2. – С. 186-200.
6. Пат. № 108566 U Україна, МПК В30В 9/02(2006.01), С11В 1/06(2006.01). Малогабаритний шнековий олійний прес / Р. С. Шевчук, В. Р. Паславський; заявник та патентовласник Львів. держ. аграр. ун-т. – заявл. 28.12.2015 ; опубл. 25.07.2016, Бюл. № 14/2016.

Аннотация

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОЧЕГО ЦИКЛА МАЛОГАБАРИТНОГО ШНЕКОВОГО МАСЛИЧНОГО ПРЕССА

Паславский В. Р.

Учитывая конструктивные особенности малогабаритных шнековых прессов, предложена методика расчета давления в зоне отделения масла и в каналах запорной части. Это позволяет теоретически обосновать геометрические параметры и режимы работы шнекового пресса, которые устраняют возможность закупоривания жмыха в запорной части, или ее выхода со значительным содержанием масла.

Abstract

THEORETICAL STUDIES OF THE WORKING CYCLE OF SMALL-SIZED SCREW OIL PRESS

Paslavsky V. R.

The author used the design features of small-sized screw presses. He proposed a method for calculating the pressure in the separation zone of oil and in the channels of the locking part. This enables to theoretically substantiate the geometrical parameters and operating modes of the screw press. This does not allow clogging the cake in the locking part, or leave it with a significant amount of oil.

УДК 614.82

ЗАПОБІГАННЯ РИЗИКАМ ПРОМИСЛОВОЇ РОБОТИЗАЦІЇ

**Цимбал Б. М., к.т.н., ст. викл., Артем'єв С. Р., к.т.н., доц.,
Малько О. Д., к.в.н., доц.**

Національний університет цивільного захисту

Войтов В. А., д.т.н., проф., Антощенко Р. В., к.т.н., доц.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства
імені Петра Василенка*

В роботі наведено аналіз ризиків, шкідливих та небезпечних факторів, які зумовлені сучасною роботизацією промисловості. Було встановлено, що роботи «класики» під час їх експлуатаційної фази, працюють без присутності персоналу, що дає йому можливість працювати в безпеці від ризиків, але не можливо повністю обмежити неприйнятну присутність людини, бо ця присутність необхідна в будь-якому випадку під час монтажу, налагодженні, навчанні та технічному обслуговуванні. Були запропоновані заходи для зменшення ризику промислової роботизації.

Постановка проблеми. Поширення промислових роботів та їх швидка адаптація до великої кількості виробничих або логістичних завдань, які створюють ризики безпеки для працівників: це ще є більш вираженим, коли у разі використання нових роботів, які мають з операторами спільну частку робочого простору на якій роботи виконують роботу з операторами. Небезпека може виникнути під час використання робота, а також під час його обслуговуванні або його коригуванні: високі механічні ризики зіткнення з користувачем, зокрема через високу швидкість виконання, відсутність або складність очікування певних рухів рухомих частин, сили впливу і т. п., психологічні ризики, пов'язані з взаємодією між людиною та машиною (відчуття залежності, втрата автономії та ідентичності, надлишок психічного навантаження і т. п.). Безпека людей у робототехнічних рішеннях полягає в апаратних засобах захисту та сигналізації та фізичних бар'єрах для "традиційних" промислових роботів, проте безпека оператора створює нові проблеми для спільних роботів, для яких реалізація "нематеріальних" рішень безпеки в просторі, який не є ні розмеженим, ні захищеним, з програмними технологіями для виявлення та / або виявлення зіткнень на основі датчиків контактів та зусиль. Технічні стандарти, що стосуються промислової робототехніки, визначають відносини між людиною та машиною.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Відповідно до Правил створення та використання роботів і штучного інтелекту [1]: створення, впровадження та використання роботів повинно здійснюватися при умові максимального забезпечення безпеки людини, суспільства та держави, а також нездійснення шкоди людині, живим істотам та всьому навколишньому середовищу.

Для встановлення співпраці людина-машина, зокрема з точки зору безпеки оператора, є стандарт [2, 3], який визначає вимоги безпеки, ергономіки, виконання «роботів для промислових середовищ». Перша частина [2] цього стандарту регламентує вимоги безпеки та рекомендацій дизайнерів – роботів, а друга [3] стосується безпеки при інтеграції та використанні робототехнічних систем.

Авторами роботи [4] було встановлено, що для безпеки використання промислових роботів необхідно застосовувати різні сенсорні системи, систему технічного зору. Засоби захисту повинні створюватися, виходячи з обліку різного характеру діяльності персоналу, що працює з промисловими роботами та високою експлуатаційною надійністю таких засобів, при цьому витрати на їх реалізацію не є економічно виправданими.

В роботі [5], було встановлено, що впровадження спільних роботів на робочому місці 21 століття створює три різних типи робітників: [6] працівники людини; [7] працівники роботів; та [8] працівники-симбіотів, тобто працівники людини, оснащені робототехнічними пристроями, що підвищують продуктивність, такі як роботові протези та екзоскелетони. Зростаюча складність, яка виникає в 21 столітті стосовно традиційної концепції безпеки та гігієни праці працівника, вимагає від працівників безпеки та охорони праці розширити традиційний обсяг управління ризиками. Подібно до іншої нової технології, нанотехнологій, будь-яке обговорення виникаючої сфери професійної робототехніки повинно включати обговорення методів, необхідних

для оцінки робототехнічної небезпеки та управління ризиками, а також управління етичними проблемами, що впливають на робоче місце, де працюють працівники люди, яких є меншість.

Метою статті є аналіз ризиків, шкідливих та небезпечних факторів, які можуть виникнути під час експлуатації роботів на виробництві та запропонування заходів зі зменшення та попередження їх виникнення.

Результати досліджень. Промисловий робот являє собою механічну структуру з програмованим маніпулятором в цілому з шістьма ступенями свободи, три вісі для позиціонування та три вісі для орієнтації, що дозволяє переміщати та маніпулювати інструмент в заданому робочому просторі ефекторних та контрольованих різними датчиками. Деякі роботи використовують електродвигуни як діючу енергію, а інші також використовують гідравлічні циліндри.

Програмування рухів та послідовностей промислового робота здійснюється за допомогою промислового мікрокомп'ютеру або програмованого автомата, обладнаного відповідним програмним забезпеченням.

Промислові роботи часто призначені для конкретних операцій (зварювання, фарбування, різання, збірки, обробки, упаковки та ін.), запустивши досить прості інструкції по наземній лінії зв'язку, але завдяки досягненням в області штучного інтелекту, датчики та механічні технології, роботи з баченням та навчанням, мобільність та можливості для розширення можливостей з'являються все більше і більше.

Промислові роботи значно підвищують продуктивність праці різко знижуючи витрати на робочу силу та все частіше використовуються в промисловості та матеріально-технічному забезпеченні в рутинній та небезпечній роботі, а також беруть участь в цьому шляху для поліпшення умов праці в атмосфері значних або повторюваних фізичних стресів, шуму, хімічних, радіологічних, біологічних. Промислові роботи «класики» під час їх експлуатаційної фази, як правило, працюють без присутності персоналу, який таким чином віддаляється з процесу та в безпеці від ризиків, властивих їй.

Однак, якщо неприйнятне присутність людини все ще може статися, то ця присутність необхідна в будь-якому випадку під час монтажу, налагодженні, навчанні та технічному обслуговуванні: працівник може бути природним або випадковим зв'язком з рухомими частинами роботу або його блоком живлення або гідравліки та їх небезпеки. Що стосується нових спільних роботів на найбільш небезпечних або шкідливих робочих станціях (професійне обслуговування, фізична допомога тощо), вони представляють як добру можливість для підвищення конкурентоспроможності та глобального благодійного впливу на охорону праці, але також загрожують безпеці працівників, які взаємодіють із цими машинами.

Нове використання спільних промислових роботів, таких які допомагають при завантаженні, дозволить їм залишити фабрики та працювати на будівельних майданчиках.

Існують різні причини ризиків промислових роботів. Важливими факторами фізичного ризику є швидкість руху робота та складність

передбачення деяких рухів його рухомих частин, реалізація значної енергії. Крім того, в разі системі людина-робіт, умови праці можуть бути особливо важкими у зв'язку з надмірною продуктивністю швидкості робота та регулярності роботи, якщо людино-машинні інтерфейси та робототехніка машини повинні відповідати ергономіці людини.

В оперативному використанні, недбале проникнення, відволікання або необхідність у зоні еволюції робота, нейтралізація захисту, представляє собою велику небезпеку: навіть після аварійної зупинки, при цьому робот може залишатися небезпечним через його залишкову енергію, не очищену від його електричних або гідравлічних компонентів, несподіваний рух руки. Несправність самої системи робота може мати різні причини: небезпечні несправності або збої або зміни засобів захисту, контроль збоїв електронних систем, програмне забезпечення і т. п. Ризик може мати концептуальне походження, такий як погане забезпечення захисними пристроями або погана реакція на ненормальну ситуацію.

При установці, налагодженні або обслуговуванні. Ризики збільшуються під час функціонального тестування або ремонту: співробітники потрапляють та знаходяться в робочій зоні роботів та роблять їх роботоспроможними, що потрібно для виконання процедур, які ще не завжди повторюються та після цього, в залежності від багатьох незвичайних небезпек або ситуацій, вкладаючи в контакт з оголеними струмоведучими частинами або рідиною під тиском, з сильним тиском, особливо якщо машина має життєво важливе значення для виробництва з важким психічним тягарем для автоматизованої промислової системи, які стають все більш складними та тому їх важче підтримувати. Більшість робочих техногенних аварій відбуваються під час розробки, запуску та технічному втручанні.

Різні ризики промислових роботів при зіткненні з роботом під час руху з його рукою або частиною маніпулятора або рукою інструменту, можуть привести до серйозних травм у зв'язку з високою кінетичною енергією і / або характерним тупим або гострим інструментом: три критерії травми «ударна сила», «сила заклинювання або дроблення» та «тиск або поверхня» визначають глибину проникнення в шкіру та основних тканин супроводжуються кровоточивими ранами, переломи або інші ураженнями опорно-рухового апарату людини.

Як і у випадку з іншими верстатами або машинами, ризик захоплення кінцівок, одягу або волосся, дроблення чи защемлення з фіксованою перешкодою або викидання матеріалів, надмірні шумові викиди, є іншими фізичними ризиками роботів.

Інші фізичні небезпеки не є специфічними для роботизованих майстерень, але є загальними для всіх видів промислової діяльності: падіння на слизькій, нерівній або переповненій поверхні, ураження електрострумом від використання несправного обладнання або контакту з відкритими струмоведучими частинами та ін.

Важче зрозуміти психологічні ризики, в тому числі з використанням спільних роботів до сих пір мало відомі у зв'язку з відсутністю досвіду та

досліджень, та існують прогалини між прогресом, досягнутим в реалізації промислової робототехніки та його широкий і все більш широке поширення в різних галузях промисловості і знань про їх вплив на психічне здоров'я і підвищеного стресу на роботі:

- організаційні відповіді на всі вимоги до продуктивності захоплених автоматизацією, які проходять персонал, що працює з роботами, характеризуються значним збільшенням будь-якого тиску на затримці, кількість, якість виробництва;

- інтенсифікація психічного навантаження за рахунок нових комп'ютерних технологій або автоматизації є психологічним чинником ризику;

- ізоляція в рідкісних командах та великих напівпорожніх заводах людської присутності, скорочення автономії, втрата ідентичності в умовах роботів можливих наслідки робототехніки: постійна взаємодія між працівником та роботом, мале спілкування з оточенням, втрата ініціативи або місця для маневру в операціях, каденції та точності, надмірне відчуття машинної залежності;

- тривога, пов'язана з уникненням та затримкою повторних контактів з роботом.

Основні ризики промислової роботизації. Технічні пристрої та вимога безпеки для використання промислових роботів є проблемою у розвитку автоматизації виробництва в розвинених країнах, щоб зупинити або обмежити активні або іскрові переїзди: імператив безпеки, якщо роботи «класичні» ще більш небезпечні у разі спільної роботи без бар'єру або матеріальної забезпеченості між людиною та роботом; спільна робототехніка є і одним з основних нових тенденцій в промисловій робототехніці та розширеній сфері застосування робототехніки за допомогою жестів в численній професійній діяльності.

Профілактичні заходи в області робототехніки є класичними. Це захист користувача від потенційної небезпеки руху робота, необхідно створити зону захищену захисною оболонкою з обмеженим доступом та підготовкою до ризиків і інструкції техніці безпеки роботизованих систем. Під час нормального функціонування робота також доцільно забороняти за допомогою охоронців присутність людини у робочій зоні робота, включаючи площу, зайняту обробленою частиною: наприклад, використовувати ізоляцію полікарбонатної клітки або дротяною сіткою, захищений доступ через бар'єри, що замикаються за роботою робота, зони перешкод усуваються шляхом дотримання достатнього зазору за допомогою кліток, оснащених дверцятами безпеки.

Фотоелектричні системи виявлення присутності, системи зору, контактні датчики безпечно завершуючі пристрої, перериваючі та / або відхиляючі рух робота.

При встановленні або підтримці робота, швидкість зміни автоматично обмежуються приводом або за допомогою контролю дій підтримуються або цикл за циклом, щоб дозволити користувачеві передбачити рух робота, щоб уникнути зіткнень із зовнішнім пультом управління, відмови від дії. Наявність додаткової людини з можливістю вимкнути роботу живлення в разі ризику для оператора комплексних заходів профілактики.

Профілактичні заходи безпеки при використанні робототехніки. Використання штучного інтелекту (ємність і швидкістю розрахунку та

навчання), зв'язок і роботи мехатроніки мобільності з їх клітинним та еволюційним застосуванням з їх користувачем, накладаючи рішення безпеки є більш «несуттєвим», основою програмного забезпечення, датчиків та функціональної безпеки електричних і програмованих електронних систем управління: мета - передбачити, уникнути зіткнень або зменшити їхні наслідки. Важливим елементом цих спільних робіт (або спільних робіт) є точний контроль та всі рухи робота, щоб зупинити або відхилити відразу, якщо швидкість або сила, що надходить, є занадто високими, у роботі багатозадачний робот не має фіксованого захисника.

Для того, щоб успішно інтегрувати безпеку спільних робіт, необхідно встановити параметри роботи і безпечної та ергономічного управління: максимальну швидкість взаємодії, межу сильної потужності, віддалений моніторинг безпеки з оператором з виявленням гарантії, час реакції, управління непередбаченими подіями, що вимагає застосування електронних датчиків вимірювання відстані, зусилля та програмованих контролерів і спеціальне програмне забезпечення, беручи до уваги ці елементи і передавальні інструкції до електричних і механічних ефекторних органів.

Висновки

1. Під час аналізу ризиків, шкідливих та небезпечних факторів, які зумовлені сучасною роботизацією промисловості, було встановлено, що роботи «класики» під час їх експлуатаційної фази, працюють без присутності персоналу, що дає йому можливість працювати в безпеці від ризиків, але не можливо повністю обмежити неприйнятну присутність людини, бо ця присутність необхідна в будь-якому випадку під час монтажу, налагодженні, навчанні та технічному обслуговуванні.

2. Запропоновані заходи для зменшення ризику промислової роботизації, направленні на інтеграцію безпеки спільних робіт, для цього необхідно встановити параметри роботи і безпечної та ергономічного управління: максимальна швидкість взаємодії, межу сильної потужності, віддалений моніторинг безпеки з оператором з виявленням гарантії безпеки, час реакції, управління непередбаченими подіями, що вимагає застосування електронних датчиків вимірювання відстані, зусилля та програмованих контролерів і спеціальне програмне забезпечення, беручи до уваги ці елементи і передавальні інструкції до електричних і механічних ефекторних органів.

Список використаних джерел

1. Незманов А. Модельная конвенция о робототехнике и искусственном интеллекте. Правила создания и использования роботов и искусственного интеллекта / А. Незманов, В. Наумов // Исследовательский центр регулирования робототехники и ИИ. – 2017. – 12 с.
2. ISO 10218-1:2011 Robots and robotic devices - Safety requirements for industrial robots - Part 1: Robots. – 2011. – 43 p.

3. ISO 10218-2:2011 Robots and robotic devices - Safety requirements for industrial robots - Part 2: Robot systems and integration. – 2011. – 72 p.
4. Поезжаева Е.В. Охрана труда при использовании промышленных роботов / Е.В. Поезжаева, А.Г. Федотов, П.В. Заглядов // Молодой ученый. - 2015. - № 16(96). - С. 225-228.
5. Murashov V. Working Safely with Robot Workers / V. Murashov, F. Hearl., J. Howard // Recommendations for the New Workplace. J. Occ. Env. Hyg. DOI: 10.1080/15459624.2015.1116700 (2015).
6. Rawlinson K. Microsoft's Bill Gates insists AI is a threat. [Accessed on April 28, 2015]; BBC News. 2015 Jan 29; Available at <http://www.bbc.com/news/31047780> .
7. Brumfield B. Car assembly line robot kills worker in Germany. [accessed October 28, 2015]; CNN. 2015 Jul 2; Available at <http://www.cnn.com/2015/07/02/europe/germany-volkswagen-robot-kills-worker/>
8. Asimov I. I, Robot. New York: Doubleday & Company; 1950.

Аннотация

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ ПРОФИССИОНАЛЬНЫХ РИСКОВ ПРОМЫШЛЕННОЙ РОБОТИЗАЦИИ

Цымбал Б. М., Артемьев С. Р., Малько А. Д., Войтов В. А., Антощенко Р. В.

В работе приведен анализ рисков, вредных и опасных факторов, обусловленных современной роботизации промышленности. Было установлено, что работы «классики» во время их эксплуатационной фазы, работают без присутствия персонала, что даёт ему возможность работать в безопасности от рисков, но невозможно полностью ограничить неприемлемое присутствие человека, так как это присутствие необходимо в любом случае при монтаже, наладке, обучении и техническом обслуживании. Были предложены меры для уменьшения риска промышленной роботизации.

Abstract

PREVENTION OF RISKS OF INDUSTRIAL ROBOTIZATION

B. Tsymbal, S. Artemyev, A. Malko, V. Vojtov, R. Antoshchenkov

The paper presents the analysis of risks, harmful and dangerous factors, which are caused by modern robotics of industry. It was found that the work of "classics" during their operational phase, work without the presence of staff, which gives him the opportunity to work in safety from the risks, but it is not possible to completely limit the unacceptable presence of a person, because this presence is necessary in any case during the installation , adjustment, training and maintenance. Measures have been proposed to reduce the risk of industrial robotics.

ОПТИМАЛЬНІ ПОПЕРЕЧНІ ПЕРЕТИНИ БУРЯКОВОЇ СТРУЖКИ ДЛЯ ДОСЯГНЕННЯ МАКСИМАЛЬНОГО ЕФЕКТУ ПРОЦЕСУ ЕКСТРАКЦІЇ

Люлька О. М., к.т.н., доц.

Національний університет харчових технологій

Коломієць В. В., д.т.н., проф., Фабричнікова І. А., к.т.н., доц.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства
імені Петра Василенка*

В роботі проаналізовані та обґрунтовані важливі результати, які вирішують актуальну науково-практичну задачу по поліпшенню показників якості бурякової стружки. Отримала подальший розвиток теорія утворення бурякової стружки введенням поняття зони ускладненої екстракції.

Постановка проблеми. Як відомо, висока якість бурякової стружки є одним із основних факторів ефективної роботи промислових дифузійних екстракторів, бурякопереробного відділення та цукрового заводу в цілому.

Бо саме від параметрів стружки залежить рівномірність її переміщення транспортними системами вздовж дифузійних апаратів, зменшення застійних зон в апараті, а збільшення пористості шару стружки забезпечує краще омивання її екстрагентом. Все це підвищує концентрацію дифузійного соку, який відбирається з апаратів, та зменшує вміст сахарози в жомі.

Тому дослідження впливу різних перерізів бурякової стружки на її якість та ефективність процесу екстракції і практичні рекомендації по доцільному їх застосуванню на дифузійних установках різних типів актуальні та сприяють підвищенню рентабельності цукрового виробництва.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження процесу утворення високоякісної бурякової стружки спрямовані на розвиток теоретичних основ її утворення і сприяють більш повному вилученню цукру з цукросировини. Останніми кроками в цьому напрямку було дослідження умов утворення випереджаючої тріщини при зрізанні коренеплоду бурякорізальними ножами [1] і наявності кавітації в цій зоні [2]; визначення геометричних характеристик бурякової стружки різного перерізу, моментів інерції та моментів опору [3]. Доведено, форма стружки в зоні різання співпадає з формою ріжучої кромки. Це дає можливість ускладнювати перетин бурякової стружки.

Момент інерції перетину ромб зі стороною – b та з кутом α з боку різання:

$$I_x = b^4 \frac{\sin \frac{\alpha}{2} \cdot \cos^3 \frac{\alpha}{2}}{3}. \quad (1)$$

При $b = 7 \cdot 10^{-3}$ м та $\alpha = 75^\circ$ одержимо $I_x = 0,243 \cdot 10^{-9}$ м⁴.

Аналогічно, $I_y = 0,14319 \cdot 10^{-9} \text{ м}^4$.

Моменти опору:

$$W_x = \frac{I_x}{a} = \frac{0,243 \cdot 10^{-9}}{b \cos 37^\circ 30'} = \frac{0,243 \cdot 10^{-9}}{7 \cdot 10^{-3} \cdot 0,7933} = 0,0437 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3. \quad (2)$$

$$W_y = \frac{I_y}{p} = \frac{0,143 \cdot 10^{-9}}{b \cdot \sin 37^\circ 30'} = \frac{0,0491 \cdot 10^{-9}}{7 \cdot 10^{-3} \cdot 0,9659} = 0,0211 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3, \quad (3)$$

де p – напівдіагональ по осі x ,
 a – напівдіагональ по осі y .

Перетин бурякової стружки «ребриста соломка» досягається установкою різальних ножів в рамах зі зміщенням на половину кроку ножа t та регулюванням підйому ножа в рамі. Момент інерції такого перетину:

$$I_x = 0,173 \cdot 10^{-9} \text{ м}^4.$$

Для $\delta = 3,3 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ отримаємо $I_y = 0,166 \cdot 10^{-9} \text{ м}^4$.

Завдяки зменшенню моменту інерції перетину стружки зменшилась її жорсткість, а отже збільшилася її податливість при згинанні, що призвело до зменшення утворення тріщин і розривів, тобто покращило якість стружки.

Науковцями під керівництвом Адаменко А.П. [4] запропонований трикутний переріз бурякової стружки – раціональний з огляду його геометричних, технологічних та якісних показників [5]. Так, відповідно до рис.1 при однаковій площі перерізів у $24,15 \text{ мм}^2$ для ромбовидної стружки периметр складатиме 20 мм і шлях дифундування $R = 2,42 \text{ мм}$, а для трикутної – периметр $22,4 \text{ мм}$ і шлях дифундування $R = 2,16 \text{ мм}$.

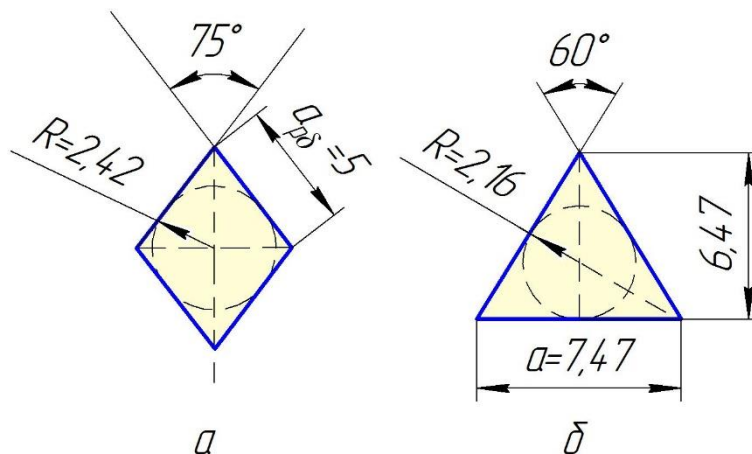


Рис. 1 – Порівняння площ перерізів стружки:
 a – переріз в формі ромбу; b – переріз в формі рівностороннього трикутника

Запропоновані нові технічні рішення по отриманню бурякової стружки трикутного поперечного перерізу [6], а саме застосування подвійних ножових рам укомплектованих двома парами ножів – безреберних кенігсфельдських та плоских.

Метою статті є аналіз результатів виробничих випробувань бурякової стружки різних перетинів, визначення раціонального перерізу бурякової стружки з огляду на її якісні показники та екстрагувальні властивості, обґрунтування практичних рекомендацій по доцільному їх застосуванню на дифузійних установках різних типів, що сприятимуть підвищенню рентабельності цукрового виробництва.

Результати досліджень. Під час проведення попередніх досліджень не визначалися показники ефективності використання бурякової стружки різних перетинів на дифузійних установках колонного типу. А результати деяких експериментальних досліджень, описаних у роботі [7] потребують аналізу і пояснень. Серед різноманіття поперечних перерізів бурякової стружки, основні з яких представлені на рис.2, найбільш поширені ромбовидний (з) і пластинчатий (в), та поступово поширюється жолобчастий профіль, але він потребує відповідної кваліфікації операторів бурякорізок.

Проведені порівняння основних геометричних характеристик найпоширеніших поперечних перерізів бурякових стружин (рис. 3) за: величиною шляху r та периметру P дифундування; величиною моментів опору згину W_{\min} профілів стружки; кількістю пер ножа n .

В ході порівнянь поперечних перерізів стружин площею $9 \text{ мм}^2 \pm 0,3 \text{ мм}^2$ і числом Сіліна 10 м (рис. 3) виявилось, що ромбовидна стружка має найбільший шлях дифундування. Пластинчаста – найменший момент опору згину і найменший шлях дифундування. А жолобчаста – малий шлях дифундування і найбільший момент опору згину, що робить її особливо привабливою.

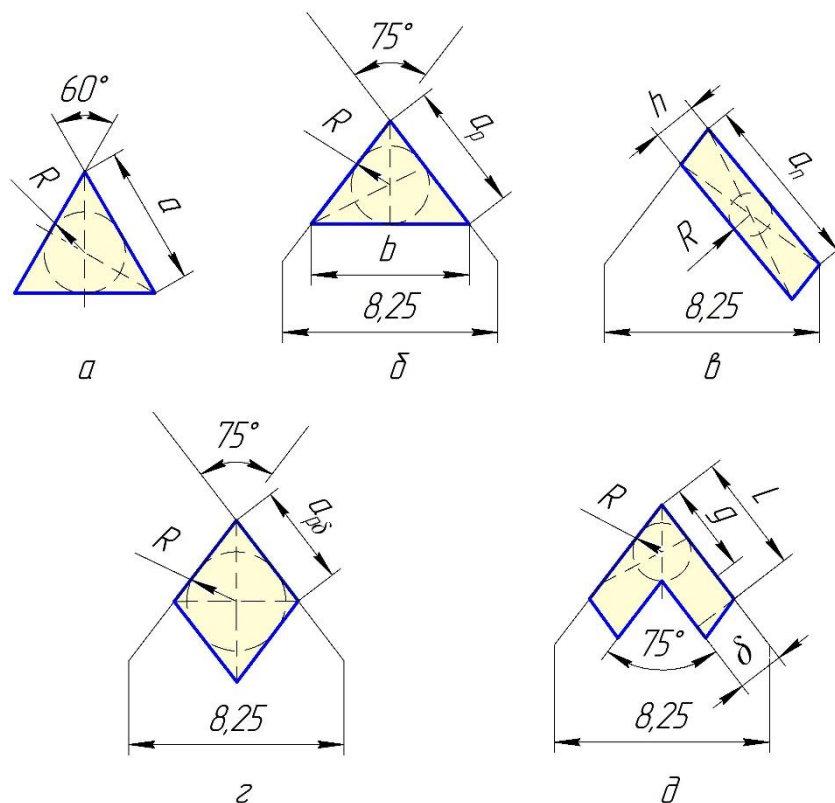


Рис. 2 – Поперечні перерізи стружки: а – переріз в формі рівностороннього трикутника; б – переріз в формі рівнобічного трикутника; в – пластинчатий профіль; з – ромбовидний профіль; д – жолобчатий профіль

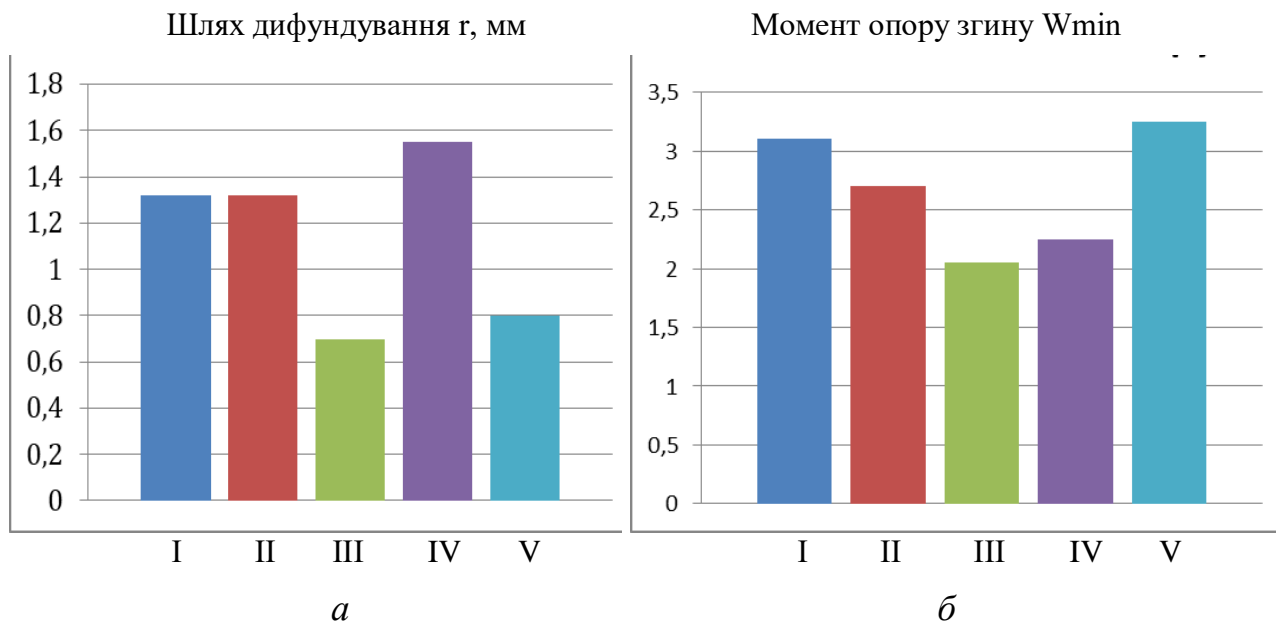


Рис. 3 – Залежність шляху дифундування r (а) та моменту опору згину W_{min} (б) поперечних перерізів стружки від їх виду: I – трикутний переріз, кут при вершині 60° ; II – трикутний поперечний переріз, кут при вершині 75° ; III – пластинчатий поперечний переріз; IV – ромбовидний поперечний переріз; V – жолобчатий поперечний переріз

При нарізанні стружки пластинчатого, жолобчатого, ромбовидного профілів отримують лише 50...60 % стружин з однаковою площею та профілем поперечного перерізу, що обумовлено вільним переміщенням цукрових буряків під час їх перебування в бурякорізці (перпендикулярно напрямку різання та навколо своєї осі). Головна перевага трикутного перерізу це його простота і можливість лише підйомом кенігсфельдського ножа регулювати товщину стружки і площу перетину. Спосіб отримання стружки трикутного поперечного перерізу забезпечує зростання її однорідності до $80\% \pm 5\%$.

Потоки в екстракторі при роботі на трикутній стружці мають менші відхилення від протитоку за рахунок більшої однорідності та якості стружки, що підвищує концентрацію дифузійного соку, який відбирається з апаратів, та зменшує вміст сахарози в жомі. Середнє значення вмісту сахарози в жомі для трикутних профілів становить 0,45% до маси жому, а для жолобчатих – 0,5%, що пояснюється підвищенням однорідності трикутної стружки та меншою кількістю браку. Це приводить до: збільшення пористості шару стружки, що забезпечує краще омивання її екстрагентом; зменшення застійних зон; більш рівномірного переміщення стружки в апараті.

Порівнюючи середньо-інтегральний час дифундування бурякової стружки трикутного та жолобчатого поперечних перерізів (рис. 4), можна зробити висновок, що трикутна стружка більш рівномірно переміщується транспортними системами вздовж дифузійних апаратів похилого типу.

Розглянемо детальніше відмінності різних профілів стружки з точки зору інтенсивності процесу екстракції (рис. 5).

Для цього від границь профілів відкладемо еквідистанти і отримаємо три зони. Зона швидкої екстракції I глибиною m_e – поверхня стружки вкрита розрізаними клітинами з яких буряковий сік вже частково витік, між кліткові

перетинки вже трохи підв'яли, та на шляху екстрагента мало припон і екстракція проходить найбільш інтенсивно. Зона нормальної, або уповільненої екстракції 2 – де процес екстракції проходить самостійно, але трохи повільніше. Зона ускладненої екстракції 3 – потребує додаткового віджиму.

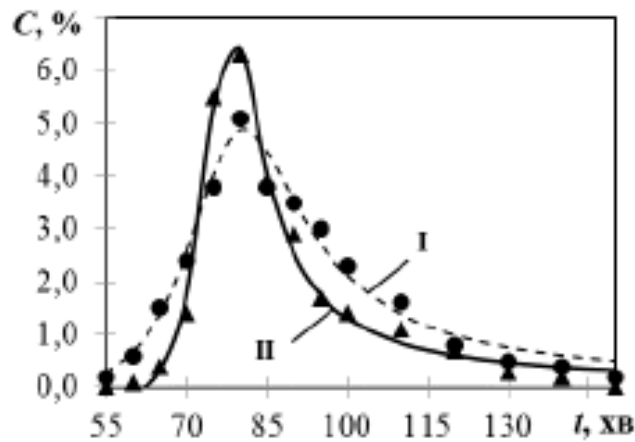


Рис. 4 – Криві відгуку роботи промислових дифузійних екстракторів нахиленого типу на буряковій стружці жолобчастого та трикутного профілів: I – жолобчастий профіль стружки; II – трикутний профіль стружки

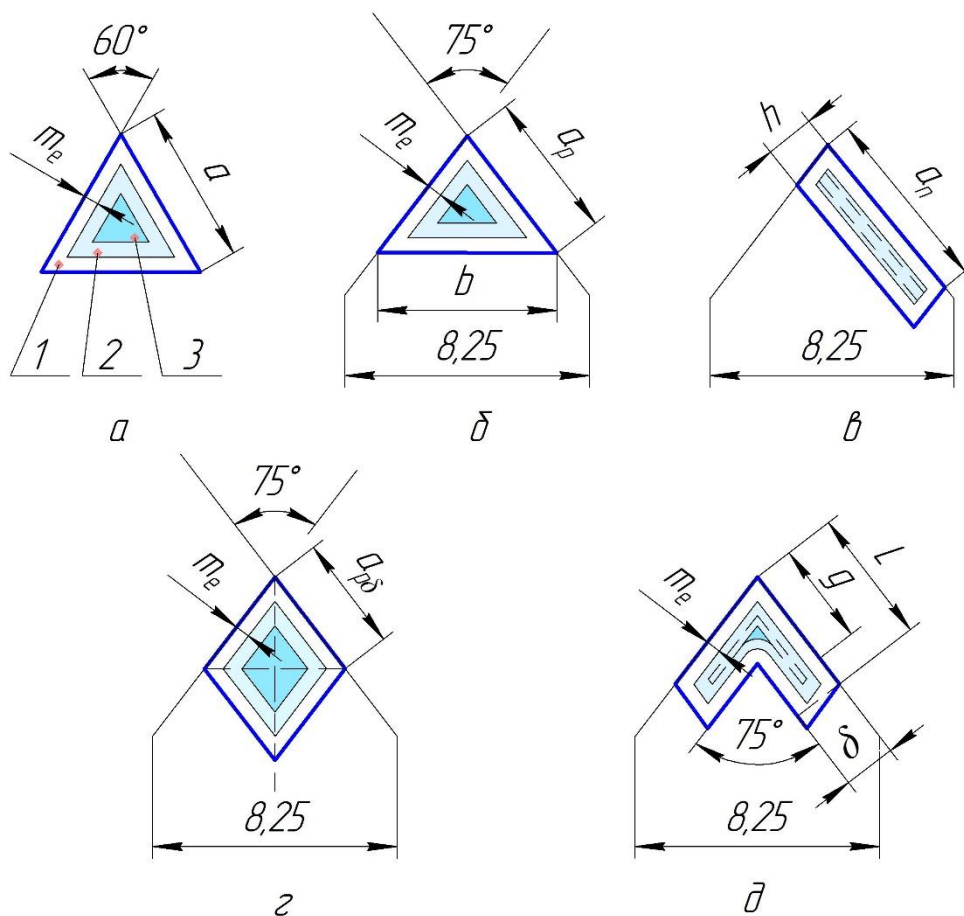


Рис. 5 – Зони екстракції для різних перерізів стружки: 1 – зона швидкої екстракції; 2 – зона нормальної екстракції; 3 – зона ускладненої екстракції; а – переріз в формі рівностороннього трикутника; б – переріз в формі рівнобічного трикутника; в – пластинчатий профіль; г – ромбовидний профіль; д – жолобчатий профіль

І тут вирішальну роль у виборі профілю стружки будуть мати два фактора: по-перше, тип промислової дифузійної установки; по-друге, наявність на заводі пресу глибокого віджиму обезцукреної стружки.

Так для дифузійної установки колонного типу краще виконувати стружку більш «товсту» меншої довжини – ромбовидну та рівносторонній трикутник при наявності пресу глибокого віджиму обезцукреної стружки, а без пресу підійде саме жолобчатий профіль. Але не доцільно намагатися досягти такого перетину при переробці буряку з надвисоким тургором.

Для дифузійної установки похилого (коритного) типу краще виконувати стружку більш «тонку» більшої довжини – рівнобічній трикутник при наявності пресу та пластинчасту без додаткового віджиму.

Аналіз результатів виробничих випробувань бурякової стружки різних перетинів дозволяє сформулювати наступні узагальнення та висновки які вирішують актуальну науково-практичну задачу по підвищенню ефективності процесу екстракції на дифузійних установках різних типів, що сприятиме підвищенню рентабельності бурякоцукрового виробництва.

Висновки

1. Під час проведення експериментальних досліджень виробничих умовах бурякової стружки встановлено, що бурякова стружка трикутного та жолобчатого перерізів має переваги технологічного та якісного характеру в порівнянні із стружкою інших перерізів.

2. Експериментально доведено, що бурякова стружка трикутного поперечного перерізу більш рівномірно переміщується по довжині дифузійних апаратів нахилоного типу і вміст сахарози в жомі зменшується на 0,05%.

3. Бурякову стружку жолобчастого перерізу з огляду на її якісні показники та екстрагувальні властивості доцільно застосовувати для дифузійної установки колонного типу, особливо при відсутності пресу глибокого віджиму.

Список використаних джерел

1. Фабричнікова, І.А. Уточнені умови утворення стружки при зрізанні коренеплоду цукрового буряка бурякорізальними ножами [Текст] / І.А. Фабричнікова, В.М. Євдокимов. – Харків: Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка «Механізація сільськогосподарського виробництва», 2011. вип. 107. Том 2. – С. 194 – 201.
2. Фабричнікова, І.А. Умовия образования стружки при срезании корнеплода сахарной свеклы свеклорезными ножами. [Текст] / И.А. Фабричнікова, В.В. Коломиец. – Харків: Вісник НТУ «ХПІ» Тематичний випуск: «Нові рішення в сучасних технологіях», 2010. вип. 46. – С. 267 – 272.
3. Коломієць В.В., Визначення геометричних характеристик бурякової стружки різного перерізу. [Текст] / В.В. Коломієць, І.А. Фабричнікова, М.С. Бражник. – Харків: Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка «Механізація сільськогосподарського виробництва», 2012. вип. 124. Том 2. – С. 234 – 239.

4. Патент 86656 UA, МПК В02С 18/00 (2013.01) А23N 15/00 (2013.01) Спосіб отримання бурякової стружки / А. П. Адаменко, П. А. Адаменко, О. М. Люлька; заявник і патентовласник Адаменко А.П., Адаменко П.А. — № u 201307574; заявл. 14.06.2013 ; опубл. 10.01.2014, Бюл. №1, 2014 р.
5. Свекловичная стружка треугольного сечения – получение и преимущества / А. Н. Люлька, В. Г. Мирончук, О. В. Адаменко, А. П. Адаменко. // Сахар. – 2014. – №1. – С. 40–43.
6. Люлька О. М. Геометричні характеристики бурякової стружки, як фактор ефективної роботи бурякорізок / О. М. Люлька, В. Г. Мирончук, Д. М. Люлька. // Цукор України. – 2015. – №1(109). – С. 19–25.
7. Люлька О. М. Утворення профілей бурякової стружки різної форми – переваги та недоліки кожного з них / О. М. Люлька, В. Г. Мирончук. // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка «Сучасні напрямки технології та механізації процесів переробних та харчових виробництв». – 2014. – Вип. 152. – С. 162–167.

Аннотация

ОПТИМАЛЬНЫЕ ПОПЕРЕЧНЫЕ СЕЧЕНИЯ СВЕКЛОВИЧНОЙ СТРУЖКИ ДЛЯ ДОСТИЖЕНИЯ МАКСИМАЛЬНОГО ЭФФЕКТА ПРОЦЕССА ЭКСТРАКЦИИ

Люлька А. Н., Коломиец В. В., Фабричникова И. А.

В работе проанализированы и обоснованы важные результаты, которые решают актуальную научно-практическую задачу по улучшению показателей качества свекловичной стружки. Получила дальнейшее развитие теория образования свекловичной стружки введением понятия зоны затрудненной экстракции.

Abstract

OPTIMAL CROSS SECTIONS OF BEET SHAVINGS TO MAXIMUM EFFECT OF THE EXTRACTION PROCESS

O. Liulka, V. Kolomiets, I. Fabrichnikova

The paper analyzes and substantiates important results that solve the actual scientific and practical problem of improving the quality of beet shavings. The theory of the formation of beet shavings has been further developed by introducing the concept of a hindered extraction zone.

**ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПІДВИЩЕННЯ
ПРОДУКТИВНОСТІ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ
ЗА ДОПОМОГОЮ ГВИНТОВИХ КОНВЕЄРІВ З ОБЕРТОВИМИ
КОЖУХАМИ**

**Гевко Ів. Б., д.т.н., проф., Дячун А. Є., к.т.н., доц., Мельничук А. Л.,
Золотий Р. З., к.т.н., доц., Шуст І. М.**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Для підтвердження гіпотези про підвищення продуктивності перевантажувальних операцій за допомогою гвинтових конвеєрів з обертовими кожухами розроблено експериментальну установку і проведено експериментальні дослідження, результати яких повністю підтвердили гіпотезу. Проведене техніко-економічне обґрунтування доцільності обертання кожуха у гвинтовому конвеєрі показало, що при підвищенні потужності конвеєра на 4,5% підвищення його продуктивності зростає на 24%. Загальний економічний ефект при використанні раціональних параметрів роботи гвинтового конвеєра з обертовим кожухом становить більше 10%. Для досягнення економічної ефективності перевантажувальних операцій за допомогою гвинтових конвеєрів з обертовими кожухами доцільно використовувати частоту обертання кожуха в межах від 460 до 620 об/хв.

Постановка проблеми. Гвинтові конвеєри широко використовуються в сільськогосподарському виробництві у якості транспортерів, змішувачів, дозаторів, сепараторів тощо. Для підвищення продуктивності виконання ними транспортно-технологічних процесів часто необхідні значні необґрунтовані енерговитрати, що не забезпечують ефективності процесу. Тому, для отримання високої продуктивності виконання транспортно-технологічних процесів гвинтовими механізмами можливе створення їх модернізованих конструкцій з транспортуючими кожухами, які дозволяють забезпечувати зрушення транспортуючого матеріалу з метою забезпечення необхідного тертя шнека з матеріалом та кожухом, що дозволить підвищити продуктивність праці транспортних операцій.

Аналіз останніх досліджень. Питанням теоретичного обґрунтування процесу роботи гвинтових конвеєрів, методик розрахунку їх параметрів, розробки прогресивних конструкцій присвячені роботи А. М. Григорьєва [3], Б. М. Гевка [1], Р. М. Рогатинського [5], В. С. Ловейкіна [4] та інших. У відомих дослідженнях особлива увага звернута на питання вибору параметрів робочих органів і процесів транспортування вантажів, проте проблема підвищення продуктивності праці і ефективності транспортно-технологічних процесів завжди залишатиметься актуальною.

Метою роботи є проведення техніко-економічного обґрунтування підвищення продуктивності транспортно-технологічних процесів за допомогою гвинтових конвеєрів з обертовими кожухами.

Реалізація роботи. З метою підвищення продуктивності транспортно-технологічних процесів гвинтовими механізмами і зниження енерговитрат актуальним залишається питання пошуку їх прогресивних конструкцій [5]. До таких механізмів належать гвинтові конвеєри з обертовими кожухами [6]. Основними факторами, що впливають на проектування гвинтових транспортно-технологічних механізмів, є [2]: специфіка функціонального призначення і вимоги до транспортно-технологічних операцій; універсальність використання; простота; конструктивна наслідуваність і закладення в конструкцію максимальної частки уніфікованих елементів та мінімізація їх загальної кількості; вимоги до транспортування, експлуатаційної готовності, габаритів, ваги, технічного обслуговування; енергоефективність і висока продуктивність; надійність і безпека в експлуатації тощо. При проектуванні гвинтових конвеєрів керуються ДСТУ 2672-94, який встановлює до них загальні технічні вимоги. Проведення відпрацювання конструкції конвеєра на технологічність виконують у наступному порядку [2]: проводиться відбір вихідних матеріалів для оригінальних деталей, комплектуючих, складальних одиниць і вузлів; визначається обсяг випуску, тип і характер виробництва; розробляються технологічні процеси виготовлення окремих деталей і загального складання гвинтового конвеєра.

На основі проведеного патентного пошуку, аналізу наукових літературних джерел і проведеного синтезу [6] нами розроблено і запатентовано ряд конструкцій гвинтових конвеєрів з обертовими кожухами. На базі них спроектовано і виготовлено експериментальну установку, загальний вигляд якої представлено на рисунку 1, де окремими електродвигунами приводились в рух гвинтовий робочий орган і кожух (гвинтовий робочий орган – електродвигун потужністю 2,2 кВт; кожух – електродвигун потужністю 1,5 кВт). На цій установці було проведено ряд експериментальних досліджень [7].



Рис. 1 – Загальний вигляд експериментальної установки

Для встановлення впливу застосування обертового кожуха на властивості гвинтового конвеєра на основі методики проведення досліджень з використанням повнофакторного експерименту визначено продуктивність Q даного конвеєра залежно від частоти обертання шнека n , частоти обертання кожуха n_k та кута нахилу конвеєра γ для транспортування кукурудзи, ячменю та пшениці при обертанні кожуха в напрямку, протилежному напрямку обертання шнека. Розроблене експериментальне устаткування для проведення досліджень гвинтових конвеєрів з обертовими кожухами у повній мірі дозволяло провести експериментальні дослідження цих систем згідно розроблених методик, а використання перетворювачів частоти і персональних комп'ютерів з відповідним програмним забезпеченням дозволяло проводити експериментальні дослідження з можливістю моделювання досліджуваних процесів в широких діапазонах частоти обертання двигунів з високою точністю в автоматизованому режимі керування з фіксацією необхідних результатів дослідження. За результатами досліджень [7] було встановлено, що підвищення частоти обертання кожуха n_k призводить до підвищення продуктивності Q гвинтового конвеєра на 18-25% порівняно з його роботою при нерухомому кожусі. Також підвищення частоти обертання кожуха n_k вище 620 об/хв. є нераціональним, оскільки це не змінює продуктивність конвеєра. Раціональною є частота обертання кожуха від 460 до 620 об/хв., оскільки при цьому відбувається найбільший приріст продуктивності гвинтового конвеєра, при різних частотах обертання шнека n . За результатами експериментальних досліджень були побудовані графічні залежності (рис. 2) продуктивності транспортування кукурудзи Q від частоти обертання кожуха конвеєра n_k при частоті обертання шнека $n=700$ об/хв. для різних кутів нахилу конвеєра γ .

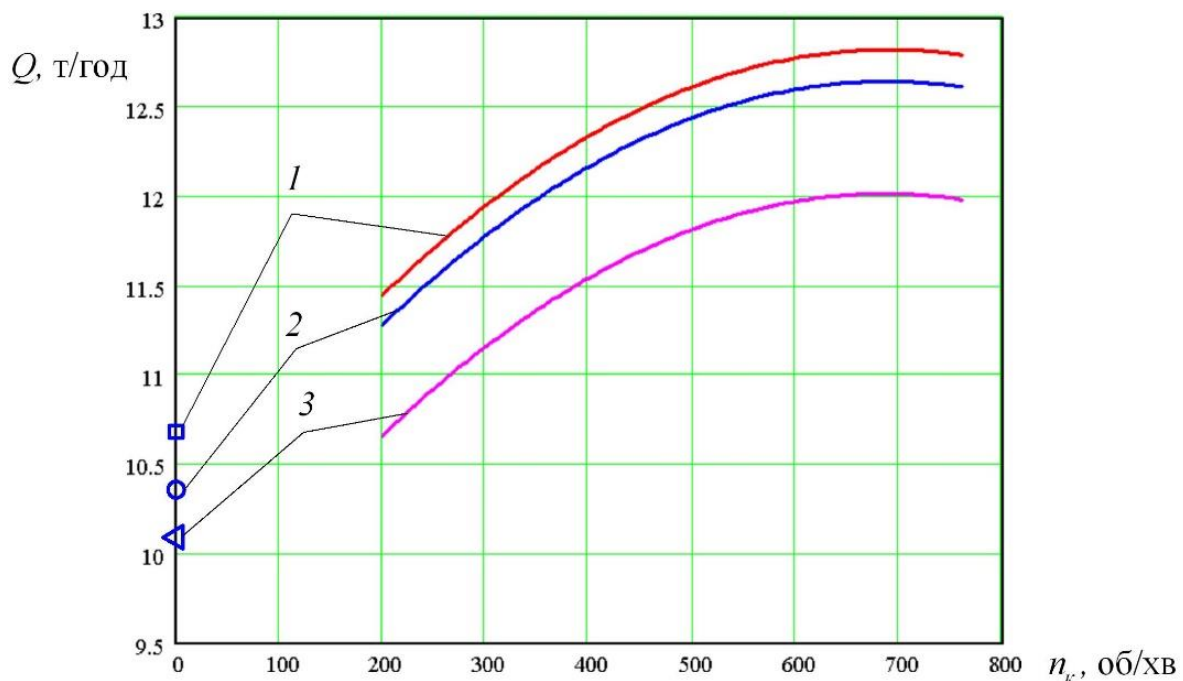


Рис. 2 – Графіки залежності продуктивності гвинтового конвеєра від частоти обертання кожуха конвеєра під час транспортування кукурудзи (діаметр шнека $D=96$ мм; частота обертання шнека $n=700$ об/хв.): 1) $\gamma=14$ град; 2) $\gamma=25$ град; 3) $\gamma=36$ град

В подальших розрахунках керуватимемось оптимальними частотами обертання кожуха в межах від 460 до 620 об/хв., що дозволяють максимально збільшити продуктивність гвинтового конвеєра.

Таблиця 1 – Результати заміру потужності і обертального моменту на валу шнека при відповідній частоті обертання кожуха

Частота обертання шнека n , Гц	Потужність (вал шнека), %	Обертальний момент на валу шнека, %
Частота обертанням кожуха $n_k - 20$ Гц		
20	5	11,4
30	8	12,8
40	11	13,2
50	14	13,7
Частота обертанням кожуха $n_k - 30$ Гц		
20	6	13,5
30	9	14,8
40	12	14,4
50	15	14,5
Частота обертанням кожуха $n_k - 40$ Гц		
20	6	14,3
30	10	17,0
40	14	17,1
50	17	17,8

В таблиці 1 і таблиці 2 наведені експериментальні дані потужності і обертального моменту в процентному співвідношенні, які зафіксовані у вікнах моніторів персональних комп'ютерів при проведенні серії експериментів з допомогою перетворювачів частоти серії Altivar.

Таблиця 2 – Результати заміру потужності і обертального моменту на кожуху при відповідній частоті обертання шнека

Частота обертання кожуха n_k , Гц	Потужність (кожух), %	Обертальний момент на кожусі, %
Частота обертанням шнека $n - 50$ Гц		
20	9	20,8
30	10	22,6
40	11	23,2
50	10	22,7

Результати потужності і обертального моменту на валу шнека при перевантаженні матеріалу без обертання кожуха представлено в таблиці 3, а шкали переводу частот обертання кожуха і шнека з Герців в оберти за хвилину представлені в таблиці 4 і таблиці 5.

При обертанні кожуха з частотою обертання 30 Гц (468 об/хв.) продуктивність зростає на 20% для шнека з частотою обертання 50 Гц (700 об/хв.). При цьому потужність на шнеку спадає з 20% до 15% (для двигуна 2,2 кВт), а потужність на кожуху складає 10% (для двигуна 1,5 кВт).

Тоді загальне зростання потужності складає:

$$\Delta P_{30} = (10\% \cdot 1,5 / 2,2) - (20\% - 15\%) = 1,82\%.$$

Таблиця 3 – Результати заміру потужності і оберального моменту на валу шнека при зупиненому кожуху

Частота обертання шнека n , Гц	Потужність (вал шнека), %	Обергальний момент на валу шнека, %
Частота обертанням кожуха $n_k = 0$ Гц		
20	8	19,5
30	12	19,1
40	16	19,1
50	20	19,2

Таблиця 4 – Таблиця переводу частот кожуха (потужність двигуна 1,5 кВт)

n_k , Гц	n_k , об/хв.
20	312
30	468
40	624
50	780

Таблиця 5 - Таблиця переводу частот шнека (потужність двигуна 2,2 кВт)

n , Гц	n , об/хв.
20	280
30	420
40	560
50	700

Отже, при підвищенні продуктивності на 20% (при обертанні кожуха з частотою обертання 30 Гц (468 об/хв.) і шнека з частотою обертання 50 Гц (700 об/хв.)) підвищення потужності складає 1,82%.

Якщо прийняти продуктивність конвеєра без обертання шнека за 100%, то потужність на шнеку складає 20%. При зростанні продуктивності конвеєра на 20% із обертанням шнека загальна потужність конвеєра складе $20\% + 1,82\% = 21,82\%$. Тоді у перерахунку ефективність зростання продуктивності у порівнянні зі зростанням потужності становитиме:

$$\Delta E_{30} = (100\% + 20\%) / 100\% - (20\% + 1,82\%) / 20\% = 0,109.$$

Тобто, ефект від обертання кожуха з частотою обертання 468 об/хв. у гвинтовому конвеєрі, в якому шнек обертається із частотою обертання 700 об/хв., з врахуванням зростання продуктивності і витрат електроенергії становитиме 10,9%.

Відповідно річна економія коштів на електроенергію за рахунок зростання продуктивності даного гвинтового конвеєра з обертовим кожухом при вказаних параметрах визначатиметься за формулою:

$$E = C_{ел.ен} \cdot V_{кгод} \cdot \Delta E \cdot K_{г.зм} \cdot K_{зм} \cdot K_{дн.м} \cdot K_{в},$$

де $C_{ел.ен}$ – ціна 1 кВт/год. електроенергії (II клас – 1,96 грн. з 01.12.2017р. для промислових та прирівняні до них споживачі з приєднаною потужністю

750 кВА і більше);

$V_{код}$ – приведений обсяг споживання електроенергії обладнанням, кВт/год. (2,2);

$K_{г.зм}$ - кількість годин у зміні (8);

$K_{зм}$ - кількість змін (1);

$K_{дн.м}$ - кількість робочих днів на рік (240);

$K_в$ – коефіцієнт використання обладнання (0,92).

$$E_{30} = 1,96 \cdot 2,2 \cdot 0,109 \cdot 8 \cdot 1 \cdot 240 \cdot 0,92 = 830,22 \text{ грн.}$$

Слід також врахувати наступне, при зростанні продуктивності величина часу роботи працівника у виробничого процесу для перевантаження відповідної кількості матеріалів буде меншою. Тобто час використання оператора слід скоротити на відсоток зростання продуктивності перевантажувальної операції. Тоді економія коштів по заробітній платі оператора, з врахуванням єдиного соціального внеску (0,22 згідно Закону України від 21 грудня 2016 року № 1801-VIII «Про Державний бюджет України на 2017 рік»), становитиме:

$$E_{з/н} = ЗП \cdot K_n \cdot 12 \cdot ЧП / 100\%,$$

де $ЗП$ – середньомісячна зарплата (8791 грн./міс. грудень 2017 р. згідно <https://www.work.ua/ua/stat/>);

K_n – коефіцієнт, що враховує єдиний соціальний внесок (1,22);

$ЧП$ – процент числа вивільнених працівників за рахунок зростання продуктивності (%).

$$E_{з/н30} = (8791 \cdot 1,22 \cdot 12 \cdot 20\%) / 100\% = 25740,05 \text{ грн.}$$

Отже, загальна економія від використання гвинтового конвеєра з обертовим кожухом становитиме 26570,27 грн. Якщо врахувати простій шоферів і автотранспорту при завантаженні і проводити перерахунок на його скорочення за рахунок підвищення продуктивності завантажувальної операції, то економія від застосування модернізованого гвинтового конвеєра з врахуванням амортизаційних відрахувань на транспортний засіб і економію заробітної плати шоферів буде значно вищою. Проте в подальших розрахунках ми її не будемо враховувати.

При обертанні кожуха з частотою обертання 40 Гц (624 об/хв.) продуктивність зростає на 24% для шнека з частотою обертання 50 Гц (700 об/хв.). При цьому потужність на шнеку спадає з 20% до 17% для двигуна 2,2 кВт, а потужність на кожуху складає 11% для двигуна 1,5кВт.

Тоді загальне зростання потужності складає:

$$\Delta P_{40} = (11\% \cdot 1,5 / 2,2) - (20\% - 17\%) = 4,5\%.$$

Отже, при підвищенні продуктивності на 24% (при обертанні кожуха з частотою обертання 40 Гц (624 об/хв.) і шнека з частотою обертання 50 Гц (700 об/хв.)) підвищення потужності складає 4,5%.

Якщо прийняти продуктивність конвеєра без обертання шнека за 100%, то потужність на шнеку складає 20%. При зростанні продуктивності конвеєра на

24% із обертанням шнека загальна потужність конвеєра складе $20\% + 4,5\% = 24,5\%$. Тоді у перерахунку ефективність зростання продуктивності у порівнянні зі зростанням потужності становитиме:

$$\Delta E_{40} = (100\% + 24\%) / 100\% - (20\% + 4,5\%) / 20\% = 0,015.$$

Тобто, ефект від обертання кожуха з частотою обертання 624 об/хв. у гвинтовому конвеєрі, в якому шнек обертається із частотою обертання 700 об/хв., з врахуванням зростання продуктивності і витрат електроенергії становитиме 1,5%. Відповідно річна економія коштів по електроенергії за рахунок зростання продуктивності даного гвинтового конвеєра з обертовим кожухом при вказаних параметрах становитиме:

$$E_{40} = 1,96 \cdot 2,2 \cdot 0,015 \cdot 8 \cdot 1 \cdot 240 \cdot 0,92 = 114,25 \text{ грн.}$$

Економія коштів по заробітній платі оператора, задіяного в обслуговуванні конвеєра, в даному випадку становитиме:

$$E_{z/n40} = (8791 \cdot 1,22 \cdot 12 \cdot 24\%) / 100\% = 30888,06 \text{ грн.}$$

Отже, загальна економія від використання гвинтового конвеєра з обертовим кожухом становитиме 31002,31 грн.

Аналізуючи вище приведені розрахунки можна зробити висновок, що більше зростання продуктивності гвинтового конвеєра з обертовим кожухом є економічно обґрунтоване. Загалом обертання кожуха у гвинтовому конвеєрі дозволяє при певних конструктивно-технологічних параметрах отримувати значний економічний ефект і значно підвищувати продуктивність транспортних операцій (на 24%) без значних перевитрат електроенергії. Загальний економічний ефект при використанні оптимальних параметрів роботи гвинтового конвеєра з обертовим кожухом становитиме більше 10%. Також позитивним моментом є те, що за рахунок збурення матеріалу від обертання кожуха значно падають витрати електроенергії на обертання шнека.

Висновки

1. Найбільш ефективними параметрами роботи гвинтового конвеєра з обертовим кожухом є обертання кожуха з частота 468 об/хв. і шнека з частотою 700 об/хв. При цих параметрах продуктивність зростає на 20%, потужність на шнеку спадає з 20% до 15% (для двигуна 2,2 кВт), а потужність на кожуху складає 10% (для двигуна 1,5 кВт). Загальне зростання потужності складає 1,82%. Подальше підвищення частоти обертання кожуха призводить до зростання продуктивності процесу транспортування на 24%, що є позитивним явищем.

2. Загальний економічний ефект при використанні оптимальних параметрів роботи гвинтового конвеєра з обертовим кожухом становить більше 10%.

3. За рахунок збурення матеріалу від обертання кожуха значно падають витрати електроенергії на обертання шнека.

Список використаних джерел

1. Гевко Б.М. Механізми з гвинтовими пристроями [Текст] / Б. М. Гевко, Р. М. Рогатинський. – Львів: Світ, 1993. – 208с.
2. Гевко І.Б. Управління процесом розробки і освоєння виробництва нових виробів: Підручник. – / [І. Б. Гевко, Б. М. Гевко]. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2015. - 199 с.
3. Григорев А. М. Винтовые конвейеры [Текст] / А. М. Григорев. - М. : Машиностроение, 1972. - 184с.
4. Ловейкін В. С. Вибір раціональних параметрів та режимів роботи вертикальних гвинтових конвеєрів [Текст] / В. С. Ловейкін, О. Р. Рогатинська // Збірник наукових праць Вінницького державного аграрного університету. – 2005. – Вип. 23. – С. 181–195.
5. Рогатинський Р. Модель конструювання і вибору гвинтових конвеєрів з розширеними технологічними можливостями / Р. Рогатинський, І. Гевко // Вісник ТНТУ. – 2012. – № 3 (67). – С.197–210.
6. Рогатинський Р.М., Гевко І.Б., Дячун А.Є., Вар'ян А.Р., Мельничук А.Л., Шуст І.М. Генерування конструкцій гвинтових механізмів методом морфологічного аналізу з ієрархічним групуванням. Збірник наукових праць «Перспективні технології та прилади» Випуск 10, ЛНТУ. Луцьк, 2017, С. 186-192.
7. Рогатинський Р.М., Гевко Ів.Б., Дячун А.Є., Мельничук А.Л., Вар'ян А.Р. Дослідження продуктивності гвинтового конвеєра з обертовим кожухом. // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. «Технічні системи і технології тваринництва. Технічний сервіс машин для рослинництва» – 2017. – Випуск № 181, С. 285-293.

Анотація

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ С ПОМОЩЬЮ ВИНТОВЫХ КОНВЕЙЕРОВ С ВРАЩАЮЩИМСЯ КОЖУХОМ

Гевко Ив. Б., Дячун А. Е., Мельничук А. Л., Золотий Р. З., Шуст И. М.

Для подтверждения гипотезы о повышении производительности перегрузочных операций с помощью винтовых конвейеров с вращающимися кожухами разработана экспериментальная установка и проведены экспериментальные исследования, результаты которых полностью подтвердили гипотезу. Проведенное технико-экономическое обоснование целесообразности вращения кожуха в винтовом конвейере показало, что при повышении мощности конвейера на 4,5% повышения его производительности возрастает на 24%. Общий экономический эффект при использовании рациональных параметров работы винтового конвейера с вращающимся кожухом составляет более 10%. Для достижения экономической

эффективности перегрузочных операций с помощью винтовых конвейеров с вращающимися кожухами целесообразно использовать частоту вращения кожуха в пределах от 460 до 620 об / мин.

Abstract

TECHNOLOGICAL AND ECONOMIC GROUNDS FOR INCREASING THE PERFORMANCE OF TRANSPORT AND TECHNOLOGICAL PROCESSES BY HIGH-QUALITY CONVEYORS WITH REDUCED LINES

Iv. Hevko, A. Dychun, A. Melnuchyk, R. Zolotuy, I. Shust

To confirm the hypothesis of increasing the productivity of transshipment operations with screw conveyors with rotary housings, an experimental installation was developed and experimental studies were carried out, the results of which completely confirmed the hypothesis. A feasibility study on the feasibility of rotation has been conducted. The casing in the screw conveyor has shown that when the capacity of the conveyor is increased by 4.5%, its productivity increases by 24%. The overall economic effect when using the rational parameters of the screw conveyor with a rotating casing is more than 10%. To achieve the economic efficiency of reloading operations using screw conveyors with rotary housings it is expedient to use the rotational speed of the housing in the range from 460 to 620 rpm.

УДК 658.3.04/05:658.5:622.002.5

ОЦІНКА, ІДЕНТИФІКАЦІЯ ПРОФЕСІЙНИХ РИЗИКІВ У РОБОТІ ОПЕРАТОРІВ МОБІЛЬНИХ МАШИН І МОНІТОРИНГ УМОВ ЇХ ПРАЦІ

Рогач Ю. П., к.т.н., проф.

Таврійський державний агротехнологічний університет

У статті запропоновано новий підхід до оцінки, ідентифікації професійних ризиків у роботі операторів мобільних машин і моніторингу умов їхньої праці. Для оцінки його ступеню запропоновано використовувати матрицю ризиків, яка дає можливість якісно, а за наявності необхідної інформації – кількісно оцінити ризик в залежності від імовірності виникнення нештатної ситуації і її можливих наслідків. Наведено приклади визначення елементів матриці ризиків для фізичних, хімічних і ергономічних чинників ризику, небезпеки нещасного випадку, нервової напруги. В якості заключного етапу визначення професійного ризику запропоновано використовувати інтегральний показник рівня професійного ризику на підприємстві, оперативне визначення і реагування на негативні зміни якого можливе лише за умови постійного моніторингу його складових.

Оцінка професійних ризиків – це виявлення небезпек у процесі праці, визначення їх величини і значимості ризиків, що виникають. Оцінка ризиків є

найефективнішим превентивним заходом. При оцінці ризиків враховуються не лише несприятливі події і нещасні випадки, що сталися раніше, але і небезпеки, які ще не викликали несприятливих наслідків [1-4].

Оцінка професійних ризиків є багатоетапним і багатокритеріальним процесом, який складається з наступних процедур:

- а) оцінка професійних особливостей оператора;
- б) оцінка професійної придатності оператора;
- в) оцінка професійної кваліфікації оператора;
- г) оцінка помилок у роботі оператора;
- д) ідентифікація небезпек на робочому місці;
- е) оцінка ризику травмування на робочих місцях;
- ж) гігієнічна оцінка умов праці;
- и) оцінка захищеності робітників засобами індивідуального захисту (ЗІЗ);
- і) визначення інтегральної оцінки умов праці;
- к) збір персоніфікованих даних робітників;
- л) оцінка індивідуальних професійних ризиків робітників;
- м) визначення індивідуального показника рівня професійного ризику підприємства (господарства);
- н) виробничий контроль умов праці (моніторинг).

Процедури а)-г) оцінки професійних ризиків детально розглянуті нами у роботах [5-7]. Відносно подальших можна висловити наступні міркування:

д) під ідентифікацією ризиків мається на увазі процес визнання того, що небезпека діє, і визначення її характеристик.

Базовий алгоритм процедури ідентифікації ризиків повинен дати відповідь на наступні питання:

1. Що є джерелом (причинами і факторами) ризику?
2. До чого призведе ризикова ситуація:
 - до виходу з ладу виробничого обладнання і його простою;
 - до виникнення травмонебезпечної ситуації;
 - до травмування (загибелі) робітників;
 - викликає інші ризикові ситуації;
 - вимагає додаткових дій з боку адміністрації підприємства.
3. Чому, як, коли і де може виникнути ризикова ситуація?
4. Хто є «ініціатором» виникнення ризикової ситуації?
5. Хто може постраждати від впливу даної ризикової ситуації?

е) звичайно, не всі ризики притаманні індивідуальній роботі оператора мобільної техніки у повній мірі. Основним з них є, безперечно, ризик травмування робітників, для ідентифікації якого можуть використовуватися критерії і методи, наведені у роботах [8-15]. Але, як показав їх аналіз, єдиного універсального методу для ідентифікації ризику на даний час немає.

Метою оцінки ризиків травмування на робочому місці є визначення ризику від ідентифікованих небезпек і прийняття рішення – чи є ризик допустимим. Адже, як відомо, оцінка ризику здійснюється нині на основі концепції «прийняттого ризику», який потребує кількісної оцінки ризику (нульовим він не може бути принципово). В той же час не всі фактори ризику оцінюються

кількісно, і потрібно спершу оцінити їх якісно (з використанням експертних оцінок), яким можна потім надати кількісного вмісту. При цьому треба враховувати той факт, що оцінка ризику на робочому місці є процедурою, яку не можна довірити лише стороннім фахівцям – адже вони не мають належного уявлення щодо конкретного об'єкта оцінки. До неї обов'язково треба залучати працівників підприємства, оскільки оцінюються ризики, до яких саме вони і схильні. У кожному випадку необхідно визначити, яка саме шкода може бути нанесена робітникам, тобто яка травма або яке порушення здоров'я може бути отримане (особливо враховуючи те, що праця деяких категорій операторів пов'язана з підвищеною небезпекою).

Ризик взагалі, і травмування зокрема, за визначенням, є поєднанням вірогідності і можливої величини шкоди, що заподіюється небезпекою. Тому визначення величини ризику полягає у встановленні його міри і ранжуванні чинників небезпеки в порядку їх величини.

На серйозність наслідків впливають, наприклад, такі якісні чинники:

- характер заподіяної шкоди (незначний / значний; на першому етапі оцінка є якісною, хоча, безумовно, потрібна і можлива і кількісна оцінка);
- широта наслідків (кількісність оцінки не дає, однак, можливості оцінити ступінь отриманих наслідків);
- повторюваність шкідливої дії;
- тривалість дії (якісно це оцінити нескладно, але кількісно важче: адже від тривалості дії суттєво залежать інші негативні наслідки ризику),

та деякі приховані чинники: можливість передбачити заздалегідь появу шкідливої дії, запобігти їй тощо.

Перехід до кількісної оцінки серйозності наслідків ризику може бути здійснено, наприклад, згідно табл. 1.

Таблиця 1 – Критерії кількісної оцінки серйозності наслідків ризику

Наслідки	Ступінь серйозності
Незначні	Короткочасне захворювання або порушення здоров'я, що не викликає звернення по медичну допомогу. Відсутність на роботі не більше трьох днів
Помірно значущі	Ризик має значні і тривалі наслідки, припускає звернення по медичну допомогу і викликає від 3 до 30 днів відсутності на роботі
Серйозні	Виникають постійні і безповоротні ушкодження, припускає стаціонарне лікування і викликає відсутність на роботі більше 30 днів
Катастрофічні	Серйозні професійні захворювання; граничний випадок – смерть робітника

Такий прийом дозволяє вже здійснити попередню кількісну оцінку ризику; подальше її уточнення потребує введення умовних значень параметрів ризику, коефіцієнтів тощо.

Вірогідність події теж ранжується згідно табл. 2.

У визначенні як серйозності наслідків ризиків, так і вірогідності подій неможливо, знов таки з позиції «прийняттого ризику», досягти абсолютної

точності. У визначенні рівнів ризиків мають значення не стільки їхні абсолютні величини, скільки відмінності різних ризиків по рівнях імовірності важливості наслідків. Тому наступним етапом визначення величини ризику є побудова так званої «матриці ризику» [16], загальний вигляд якої представлено у табл. 3. Це – лише приклад; реальні матриці ризиків мають значно більшу розмірність.

Таблиця 2 – Критерії визначення вірогідності події

Вірогідність події	Характеристика події
Малоймовірна	Виникає рідко і нерегулярно
Ймовірна	Виникає час від часу, але нерегулярно
Вірогідність висока	Виникає часто і регулярно

У таблиці прийнято три рівні серйозності наслідків і три рівні ймовірності шкоди. Рівень ризику визначається наступним чином. Спочатку визначається серйозність наслідків, заподіяних ситуацією, за позиціями у верхньому рядку таблиці, після чого оцінюють ймовірність причиненої шкоди за позиціями першого стовпця.

Таблиця 3 – Загальний вигляд матриці ризиків

Ймовірність	Наслідки, ризик		
	Незначні	Помірно значущі	Серйозні
Мала	Малозначимий (1)	Малий (2)	Помірний (3)
Середня	Малий (2)	Помірний (3)	Значний (4)
Висока	Помірний (3)	Значний (4)	Неприпустимий (5)

На перетині вибраних напрямів знаходиться величина знайденого рівня ризику; для спрощення сприйняття їй надано значення від 1 до 5. Задаючи, на розсуд користувача, інші, реальніші чисельні значення ймовірності і наслідків, можна досягти потрібної точності оцінки ступеню ризику.

Ризик недостатньо виявити – його треба ще й оперативно і ефективно ліквідувати; а для цього – якимось методом виявити необхідні заходи і ранжувати їх пріоритетність. Це можна зробити, наприклад, користуючись табл. 4.

Таблиця 4 – Необхідність і черговість заходів щодо зниження ризику

Ризик	Заходи щодо зниження ризику
Малозначимий	Ризик такий малий, що заходи не потрібні
Малий	Заходи не обов'язкові, але треба відстежувати ситуацію, щоб забезпечити керованість ризику
Помірний	Заходи потрібні, але їх проведення можна спланувати і провести точно по графіку. Якщо ризик може спричинити серйозні наслідки, необхідно з'ясувати вірогідність події якнайточніше
Значний	Заходи обов'язкові і їх слід починати провадити терміново. Роботу в умовах ризику треба негайно припинити і не поновлювати перш, ніж ризик буде зменшено до прийнятної величини
Неприпустимий	Заходи щодо повної ліквідації ризику обов'язкові і їх слід починати провадити терміново. Роботу в умовах ризику треба негайно припинити і не поновлювати перш, ніж ризик буде ліквідовано

Способом візуального відображення підсумків оцінки рівнів ризиків може стати профілювання ризиків, тобто формуванням поперечного розрізу сукупності наявних на робочому місці ризиків травмування або захворювання робітників. Умовний приклад профілю наведено у табл. 5. За допомогою профілю ризику можна визначити пріоритетні напрями розвитку безпеки праці або найважливіші об'єкти для першочергових заходів. Чим довша «балка» у профілі ризиків (кількість хрестиків у рядку), тим більшій кількості чинників небезпеки він відповідає. Отже, заходи необхідно починати саме в місці виявлення цих небезпек (у нашому прикладі – з небезпеки нещасного випадку; мабуть, так буде завжди і у реальних умовах, оскільки нещасний випадок не залежить від дії якогось конкретного чинника ризику).

Таблиця 5 – Приклад відносного профілю ризиків

Вид ризиків	Кількість виявлених небезпек	%	Профіль
Фізичні чинники	18	22	XXXXXXXXXXXX
Небезпеки нещасного випадку	31	39	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
Ергономіка	15	19	XXXXXXXXXXXX
Хімічні чинники	6	8	XXXX
Нервова напруга	10	12	XXXXXX
РАЗОМ:	80	100	

Ризик має дві складові: загальні і особливі. Загальними є такі ризики, які характеризуються одними і тими ж небезпеками і виявляються на різних робочих місцях. Вони впливають на велику кількість працівників, і у їхній ліквідації велику роль грають відіграють оцінка операторами досвіду власної праці і його використання. Особисті ризики мають високий рівень, бо пов'язані з особливими небезпеками, притаманними тільки контролюваному об'єкту. Для визначення значущості особливих ризиків необхідна допомога фахівців, оскільки вони є відмінними у кожному випадку.

Чинники, які визначають важливість і складність виконання заходів щодо зниження професійного зниження ризику травмування та захворювання операторів, наведено у табл. 6.

Таблиця 6 – Чинники важливості і складності виконання заходів

Важливість	Складність
Підвищення рівня безпеки	Час, потрібний на виконання
Спрямованість на дотримання законів і вимог	Фінансові витрати
Поліпшення надійності роботи	Трудомісткість планування і виконання
Поліпшення гнучкості і продуктивності праці	Можливість виконання власними силами
Задоволеність персоналу і фахівців	Можливий опір змінам

Як витікає з табл. 5, ризик травмування залежить від п'яти чинників, відносно незалежних, але тільки у сукупності спроможних вплинути на

зниження професійного ризику травмування і захворюваності операторів мобільної техніки. Тому визначення їх кількісного стану є важливим, і підлягає подальшому розгляду.

Вірогідність ризиків, що заподіюються фізичним чинниками небезпеки, можна визначити порівнянням вимірів відповідних параметрів з їх гранично допустимими значеннями, або оцінити її на основі тривалості або частоти дії (табл. 7). Це – аналог матриці ризиків з табл. 3, тільки більш деталізований з зазначенням процентних значень вірогідності і реальної характеристики наслідків. Умовні значення ризиків – як у табл. 3. Підставляючи замість умовних (1÷5) значень ризиків їх реальні кількісні оцінки, можна отримати більш наближену до реальності картину оцінки величин ризиків, що викликаються фізичними чинниками небезпеки.

Матрицю для ризику нещасного випадку можна побудувати аналогічно, тільки імовірності набувають значень: мала – випадкові небезпечні ситуації виникають рідко; середня – стан нещасного випадку – щоденний, тобто нещасний випадок мав відбутися; висока – небезпечні ситуації виникають часто і регулярно, нещасний випадок відбувся; катастрофічна – настала смерть робітника.

Аналогічно будуються матриці ризиків для визначення величини ризику, викликаних ергономікою. Так, найменший ергономічний ризик – умовну одиницю – має ситуація «навантаження випадкове, виникає рідко» - «неприємність, роздратування, що швидко проходить», найбільший – «п'ятірку» - «ситуації небезпеки і навантаження постійні» - «постійні, довгі і повторювані серйозні впливи»; у останньому випадку можливе настання ситуації останньої клітинки табл. 7.

Таблиця 7 – Характеристика ризику, що викликаний фізичним чинниками

Вірогідність	Наслідки		
	Легкі (незручний стан, роздратування, хворобливий стан, що швидко проходить)	Середньої важкості (опіки, тривала хворобливість, перешкоди органам слуху)	Важкі (рак, викликаний родом діяльності, астма, тривала непрацездібність, смерть)
10-50% від нормативної величини	1	2	3
50-100% від нормативної величини	2	3	4
Вища за нормативні значення	3	4	5

Досить важко встановити ступінь ризику роботи операторів мобільної техніки, викликаних хімічними і біологічними чинниками – вони є надто специфічними і професійними, і оцінка їх впливу під силу лише фахівцям (хоча вони складають відносно невелику частку, табл. 5). Спрощено, на ризик

професійної діяльності впливають: виробничі отрути, загальнотоксичні, подразнюючі, сенсалібіуючі, канцерогенні, мутагенні речовини (на щастя, всі вони практично виключені з розгляду впливу на ризик у сільськогосподарському виробництві, гірничій промисловості, будівництві та ряді інших важливих галузей промисловості), хімічні консерванти, рідкий гній, агрохімікати, біологічні чинники небезпеки (властиві лише сільському господарству), пожежно- і вибуховонебезпечні речовини. У цьому плані важливим чинником є справність і використання засобів захисту і готовність до використання засобів першої допомоги.

Ризик, викликаний психологічним навантаженням (нервова напруга, табл. 5) визначається психофізіологічними небезпечними і шкідливими факторами та генетичними якостями організму, впливом на нього оточуючого середовища. Статичні, динамічні, розумові і емоційні перевантаження, монотонність праці негативно впливають на окремі органи і організм у цілому, підвищуючи ризик травмування. Більш докладно таких чинників аж дев'ятнадцять:

- одноманітна робота, що повторюється;
- робота самотійно (що притаманно роботі оператора мобільної техніки, або стаціонарного оператора у нічну зміну);
- тривале пильнування;
- примусовий режим роботи, коли оператор при роботі з високим ритмом не може наслідувати ритму, йому притаманному;
- напруженість стосунків з оточуючими, недолік соціальної підтримки;
- поспіх, за умови його частого повторювання;
- занадто жорстокі умови або цілі і відчуття поганого управління працею, занадто високі, неадекватні можливостям працівника, його здібностям і кваліфікації, вимоги; відсутність можливості самому впливати на трудовий процес;
- відсутність перспективи у просуванні по службі;
- відсутність хорошого робочого інструктажу;
- відсутність опису етапів роботи, її перспектив, черговості завдань, відповідальності;
- відсутність домовленості про робочий час і наднормову роботу;
- недоліки у керівництві роботою;
- нездорова робоча атмосфера, погані стосунки зі співпрацівниками;
- недостатність інформації щодо загальної роботи колективу і незадовільна реакція на виникаючі проблеми;
- загроза морального або фізичного насильства;
- неділові форми спілкування;
- відсутність соціальної підтримки;
- відсутність можливостей дії у плані вдосконалення спільної праці.

Занесені до стандартної матриці ризиків з урахуванням частоти їх повторення, інтенсивності та ступеню можливості негайного вирішення конфліктних питань, вони можуть стати важливим чинником зниження ризиків травмування на виробництві. Цьому сприятиме робота у таких напрямках, як вироблення у персоналу однакового погляду на цілі і завдання спільної праці,

чіткий і справедливий розподіл праці, знання персоналом своїх завдань і відповідальності, можливість персоналу впливати на вдосконалення організації своєї праці, віддача від роботи і її підтримка, відкритість і довіра у взаємодії начальства і персоналу;

ж) гігієнічна оцінка умов праці здійснюється у відношенні до ідентифікованих небезпек для здоров'я робітників (факторів виробничого середовища) на підставі порівняння результатів вимірів рівнів факторів виробничого середовища і трудового процесу з діючими для них гігієнічними нормами. На базі цих даних, з урахуванням діючої класифікації умов праці, визначається клас умов праці і ступінь шкідливості і небезпеки як для кожного шкідливого або небезпечного виробничого фактора, так і в цілому для робочого місця оператора. В загальному випадку ця процедура відповідає процедурі оцінки умов праці під час атестації робочих місць згідно діючого законодавства;

и) при оцінці захищеності робітників ЗІЗ встановлюється відповідність між ідентифікованими на робочому місці оператора небезпеками (це питання для гірничої промисловості докладно висвітлено у роботах НГУ [17,18], причому увага приділяється протипиловим ЗІЗ, актуальним і у інших галузях промисловості), ризик від яких оцінюється як середній або високий (для інших ЗІЗ взагалі не потрібні), а також діючими шкідливими виробничими факторами з класом умов 3.1 і вище, і ЗІЗ, які видані робітнику. Якщо у цих питаннях досягнуто відповідності – запобігання або зменшення дії небезпечних і шкідливих виробничих факторів і ризиків, а також захист від заражень можна вважати забезпеченими;

і) показники інтегральної оцінки умов праці визначаються на підставі результатів пп. е), ж), и). Використання єдиної систем бальної оцінки і показників травмування і захищеності робітника ЗІЗ дозволяє за допомогою інтегральної оцінки співставляти умови праці різних робочих місць або умови праці на одному й тому ж робочому місці до і після реалізації заходів щодо поліпшення умов праці. На основі інтегральної оцінки і оцінки стану здоров'я оцінюється індивідуальний професійний ризик робітника [19];

к) - л) ці питання докладно розглянуто у нашій роботі [20] – це складова частина загального алгоритму розрахунку ІПР;

м) метод визначення інтегрального показника рівня професійного ризику на підприємстві є підсумком робіт, викладених у [20]. Як і діюча процедура атестації робочих місць, оцінка професійних ризиків, повинна проводитись один раз на п'ять років згідно діючих нормативів. Однак це положення протирічить цільовому призначенню оцінки професійного ризику – використанню її результатів під час розрахунку страхових тарифів в системі обов'язкового соціального страхування від нещасних випадків на виробництві і професійних захворювань, які повинні проводитись щорічно. Тому пропонується поводити процедуру щорічного моніторингу (контролю умов праці);

н) контроль умов праці проводиться у відповідності з програмою, яка розробляється на підприємстві на підставі атестації робочих місць і оцінки професійних ризиків і охоплює усі ризики середнього та високого рівня, а також виробничі фактори з класом небезпеки 3.1 і більше. Це дозволить виявити

небезпеки, які властиві даній роботі оператора, перш ніж вони викличуть нещасний випадок або завдадуть іншої шкоди. Грамотне виконання роботи щодо оцінки професійних ризиків полегшується її акуратним плануванням, особливо якщо ця робота є для підприємства новою.

Раніше чи пізніше використання нового обладнання, процедур, зміна кадрового складу операторів з відмінними професійними і психофізіологічними якостями може призвести до виникнення нових загроз. Тому оцінка професійних ризиків повинна бути постійною, з використанням нових методичних підходів, що дасть змогу своєчасно виявляти на робочих місцях операторів мобільної техніки потенційні небезпеки і шкідливості і розробляти заходи щодо їх недопущення і ліквідації.

Список використаних джерел

1. Ветошкин, А.Г. Техногенный риск и безопасность / А.Г. Ветошкин, К.Р. Тарануева . – Пенза: Изд-во Пензенского гос. ун-та, 2001. – 165с.
2. Критерії оцінки виробничих небезпек: навчальний посібник / В.Л. Луценков, Д.А. Бутко, М.Т. Воїнов [та ін.]. – Сімферополь: Бізнес-інформ, 1996. – 224с.
3. Федорович, Г.В. О системе оценки профессионального риска / Г.В. Федорович // Журнал АНРН. – 2010. - № 4. – С. 63-70.
4. Мейстер, Д. Инженерно-психологическая оценка при разработке систем управления / Д. Мейстер, Дж. Рабидо. – М.: Советское радио, 1980. – 344с.
5. Рогач, Ю.П. Критерій і метод оцінки професійної придатності операторів мобільної техніки до виконання робіт на промислових підприємствах / Рогач Ю.П. // Геотехнічна механіка: міжвід. зб. на-ук. праць / ІГТМ ім. М.С. Полякова НАН України. – Дніпро, 2017. – Вип. 134. – С. 167-174.
6. Рогач, Ю.П. Професійна компетентність оператора мобільної техніки з питань охорони праці як критерій оцінки рівня ризику його діяльності / Ю.П. Рогач // Геотехнічна механіка: міжвід. зб. наук. праць / ІГТМ ім. М.С. Полякова НАН України. – Дніпро, 2017. – Вип. 136. – С.
7. Рогач, Ю.П. Оцінка ступеню безпомилковості у роботі оператора мобільної техніки / Ю.П. Рогач // Геотехнічна механіка: міжвід. зб. наук. праць / ІГТМ ім. М.С. Полякова НАН України. – Дніпро, 2017. – Вип. 135. – С.
8. Аварвянов, Ю.И. Критерий риска травмирования операторов при устранении технических от-казов на мобильных сельскохозяйственных машинах / Ю.И. Аварвянов, К.В. Глемба, А.Г. Попова // Материалы XLVI науч. – техн. конф. – Челябинск: ЧГАУ, 2006. – С. 71-75.
9. Евтушенко, О.В. Моделирование оценки рисков травмирования на предприятии / О.В. Евту-шенко // Актуальные проблемы оценки безопасности жизнедеятельности и защиты населения и тер-риторий в чрезвычайных ситуациях. Сборник научных трудов / Северо-Кавказский федеральный университет. – Ставрополь, 2013. – С. 114-117.

10. Динаміка травматизму в Україні в умовах змінювання обсягів виробництва / Г.Є. Дегтяренко, А.О. Водяник, В.В. Чуркін, К.Є. Теличко // Проблеми охорони праці в Україні: зб. наук. праць. – Ки-їв: ННДІОП, 2001. – Вип. 4. – С. 24-29.
11. Водяник, А.О. Проблеми оцінювання стану виробничого травматизму в Україні / А.О. Водя-ник // Проблеми охорони праці в Україні: зб. наук. праць. – Київ: ННДІОП, 2003. – Вип. 7. – С. 9-14.
12. Водяник А.О. Компонентний аналіз причин виробничого травматизму / А.О. Водяник // Вісник Національного технічного університету України «КПІ». Серія «Гірництво»: зб. наук. праць – Київ: НТУУ «КПІ», 2004. – Вип. 10. – С. 115-123.
13. Водяник , А.О. Причини ризику травмування на виробництві / А.О. Водяник, О.В. Машкін // Інформаційний бюлетень з охорони праці. – Київ: ННДІОП, 2006. - № 1. – С. 17-23.
14. Аналіз причин травмування працівників АПК на механізованих та транспортних роботах / О.В. Войналович, І.М. Подобед, М.М. Мотрич, О.А. Сліпачук // Проблеми охорони праці в Україні. – 2012. – Вип. 24. – С. 38-49.
15. Травмирование операторов в мобильной колесной машине сельскохозяйственного назначения при дорожно-транспортных происшествиях / Ю.Г. Горшков, А.В. Богданов, С.Ю. Попова, А.Г. Попова // Вестник ЧГАУ. – 2005. - № 45.
16. Управление показателями аварийности и травматизма на угольных шахтах с использованием матрицы рисков / А.Ф. Булат, Т.В. Бунько, И.Е. Кокоулин, И.А. Ященко // Геотехническая механика: межвед. сб. науч. трудов / ИГТМ им. Н.С. Полякова НАН Украины. – Днепропетровск, 2016. – Вып. 128. – С. 19-30.
17. Підвищення ефективності протипилових засобів індивідуального захисту органів дихання працюючих / В.І. Голінько, С.І. Чеберячко, Д.І. Радчук, Ю.І. Чеберячко. – Дніпропетровськ: Наука і освіта, 2010. – 104с.
18. Підвищення захисної ефективності одноразових протипилових півмасок / В.І. Голінько, С.І. Чеберячко, Д.І. Радчук, Ю.І. Чеберячко. – Дніпропетровськ: Адверта, 2012. – 95с.
19. Рогач Ю.П. Інтегральний показник рівня професійного ризику / Ю.П. Рогач // Строительство, материаловедение, машиностроение: сб. науч. трудов / ПГАСА. – Днепр, 2018. – Вып. . - С.
20. Рогач, Ю.П. Особливості визначення індивідуального професійного ризику при роботі операторів мобільної техніки // Геотехнічна механіка: міжвід. зб. на-ук. праць / ІГТМ ім. М.С. Полякова НАН України. – Дніпро, 2015. – Вип. 125. – С. 262-268.

Аннотация

ОЦЕНКА, ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ РИСКОВ В РАБОТЕ ОПЕРАТОРОВ МОБИЛЬНЫХ МАШИН И МОНИТОРИНГ УСЛОВИЙ ИХ ТРУДА

Рогач Ю. П.

В статье предложен новый подход к оценке, идентификации профессиональных рисков в работе операторов мобильных машин и мониторинга условий их труда. Для оценки его степени предложено использовать матрицу рисков, которая дает возможность качественно, а при наличии необходимой информации – количественно оценить риск в зависимости от вероятности возникновения нештатной ситуации и ее возможных последствий. Проведено ранжирование необходимости и очередности мероприятий по снижению риска. Приведены примеры определения элементов матрицы рисков для физических, химических и эргономичных факторов риска, опасности несчастного случая, нервного напряжения. В качестве заключительного этапа определения профессионального риска предложено использовать интегральный показатель уровня профессионального риска на предприятии, оперативное определение и реагирование на негативные изменения которого возможно лишь при условии постоянного мониторинга его составляющих.

Abstract

ESTIMATION, AUTHENTICATION OF OCCUPATIONAL TAKE IN WORK OPERATORS OF MOBILE MACHINES AND MONITORING TERMS OF THEIR LABOUR

Yu. Rogach

In the article is offered new approach to estimation, authentication of occupational take in work of operators of mobile machines and monitoring terms of their labour. For estimation of his degree it is suggested to use the matrix of risks, which enables high-quality, and at presence of necessary information – in number to estimate the risk depending on probability origin of nonpermanent situation and its possible consequences. Ranging of necessity and order of measures on the decline of risk is conducted. Examples of determination elements matrix of risks for the physical, chemical and ergonomics factors of risk, dangers of accident, nervous tension gave exemplified. In quality the final stage determination of occupational take it is suggested to use the integral index of level of occupational take on an enterprise, operative determination and reaction on the negative changes of which is possible only on condition of the permanent monitoring of his constituents.

РАСЧЁТ ПОЛЯ СКОРОСТЕЙ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ МЕЖДУ ДВУМЯ ЭКВИДИСТАНТНЫМИ ПЛОСКОСТЯМИ ПРИ СОВЕРШЕНИИ ИМИ СИНХРОННЫХ ГАРМОНИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ МЕТОДОМ ПРОГОНКИ

Никифоров А. А., ст. преп., Лукьяненко В. М., к.т.н., доц.,
Кись В. Н., к.т.н., доц.

*Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства
имени Петра Василенко*

В данной статье представлен способ расчёта поля скоростей воздушной среды между двумя эквидистантными плоскостями при совершении ими синхронных гармонических колебаний, основанный на методе прогонки для системы квазилинейных дифференциальных уравнений газовой динамики для трёхмерного случая.

Постановка проблемы. Проблеме оценки влияния движения воздуха на кинематические параметры движения частиц зерновых и семенных смесей посвящено достаточно большое количество работ. П. М. Василенко [1], А. В. Гольдиным [2], А. В. Козаченко [3], М. М. Абдуевым, М. В. Бакумом, Ю. О. Манчинським, В. В. Сычовым, В. П. Леоновым [4], А. И. Завгородним [5] отмечалось значительное влияние движущегося воздуха на кинематические параметры движения частиц семенных (зерновых) смесей. Особенно это влияние заметно для мелкосеменных смесей, когда семена имеют выраженные аэродинамические свойства.

Анализ последних исследований. Существующие теоретические модели и методы в основном посвящены описанию процесса взаимодействия семян (зёрен) с воздушной массой, позволяют проводить оценку характеристик эффективности процессов очистки (сепарации) с учётом сопротивления вибрационному движению частиц со стороны воздушной среды. Однако в недостаточной мере исследованы вопросы влияния конструкции рабочих органов вибромашины (расстояние между плоскостями, способ их крепления, наличие козырьков или других приспособлений по краям) на параметры движения воздушной массы относительно рабочих поверхностей.

В [6] была предложена модель и методика для определения поля скоростей в области воздушного пространства, заключённого между двумя эквидистантными синхронно колеблющимися плоскостями. Модель использует уравнения механики сплошной среды для идеального газа [7]. Расчёт поля скоростей предложено осуществлять как решение краевой задачи. В статье были описаны краевые условия, а также запись этих условий и дифференциальных уравнений движения воздуха в конечно-разностной форме.

Цель данной статьи – изложить метод решения краевой задачи, сформулированной в [8]. Для решения подобных систем квазилинейных

дифференциальных уравнений с частными производными наиболее подходит метод прогонки [9]. Трудностью реализации этого метода в данном случае является то, что рассматривается трёхмерный случай, а также не одно дифференциальное уравнение, а система уравнений.

Основная часть.

Решаемая система дифференциальных уравнений, записанная в координатной форме, имеет вид:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} = g_x - \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial p}{\partial x} , \quad (1)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} = g_y - \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial p}{\partial y} , \quad (2)$$

$$\frac{\partial w}{\partial t} + u \frac{\partial w}{\partial x} + v \frac{\partial w}{\partial y} + w \frac{\partial w}{\partial z} = g_z - \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial p}{\partial z} , \quad (3)$$

$$\left[\frac{\partial p}{\partial t} + u \frac{\partial p}{\partial x} + v \frac{\partial p}{\partial y} + w \frac{\partial p}{\partial z} \right] \frac{1}{\rho c^2} + \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 , \quad (4)$$

где u, v, w – проекции вектора скорости движения воздушной среды, V , соответственно, на оси X, Y и Z выбранной системы координат; g_x, g_y, g_z – проекции ускорения свободного падения на оси выбранной системы координат.

В матричной форме система уравнений (1) – (4) может быть записана как:

$$\mathbf{I} \frac{\partial \mathbf{Q}}{\partial t} + \mathbf{B} \frac{\partial \mathbf{Q}}{\partial x} + \mathbf{C} \frac{\partial \mathbf{Q}}{\partial y} + \mathbf{D} \frac{\partial \mathbf{Q}}{\partial z} = \mathbf{F} , \quad (5)$$

$$\mathbf{I} = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} , \mathbf{B} = \begin{vmatrix} u & 0 & 0 & c^2 \\ 0 & u & 0 & 0 \\ 0 & 0 & u & 0 \\ 1 & 0 & 0 & u \end{vmatrix} ,$$

$$\mathbf{C} = \begin{vmatrix} v & 0 & 0 & 0 \\ 0 & v & 0 & c^2 \\ 0 & 0 & v & 0 \\ 0 & 1 & 0 & v \end{vmatrix} , \mathbf{D} = \begin{vmatrix} w & 0 & 0 & 0 \\ 0 & w & 0 & 0 \\ 0 & 0 & w & c^2 \\ 0 & 0 & 1 & w \end{vmatrix} ,$$

$$\mathbf{Q} = \begin{vmatrix} u \\ v \\ w \\ p/\rho c^2 \end{vmatrix} , \mathbf{F} = \begin{vmatrix} g_x \\ g_y \\ g_z \\ 0 \end{vmatrix} .$$

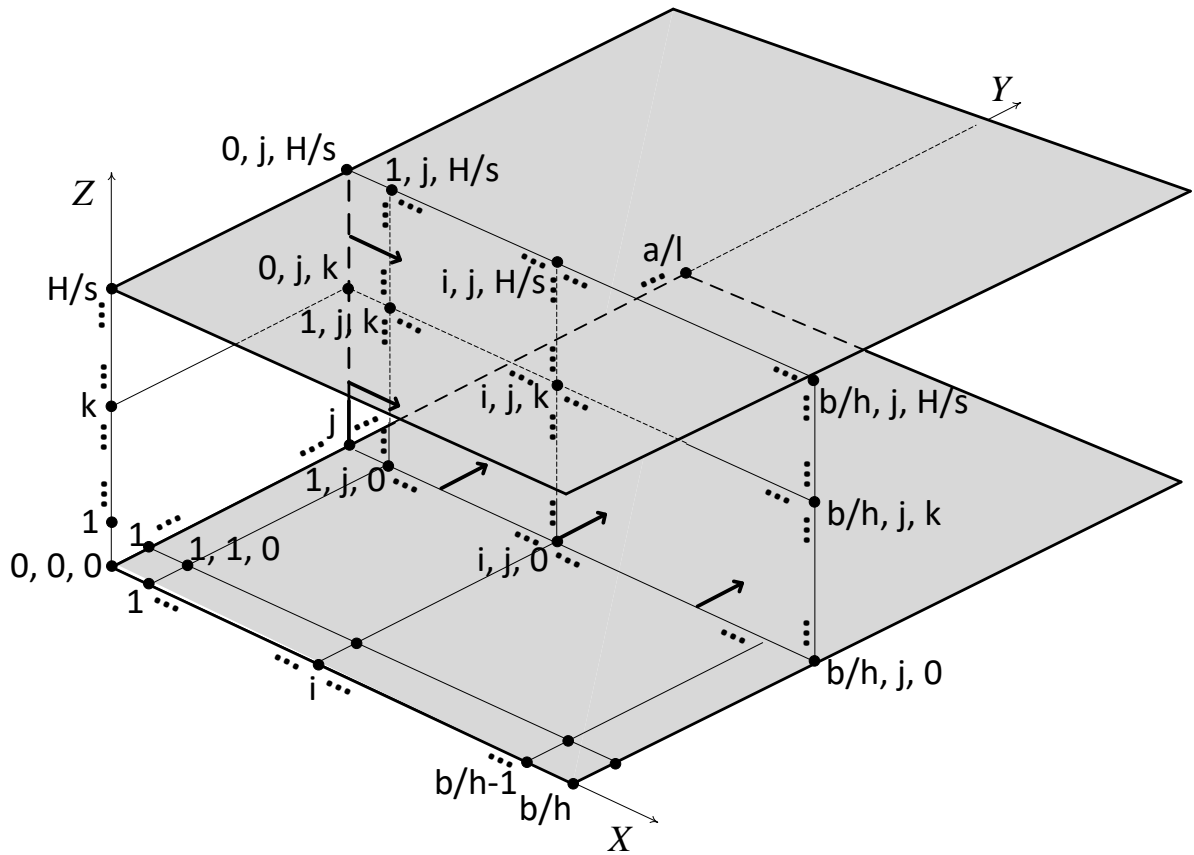


Рис. 1 – Схема прогонки

Прогонка будет осуществляться вдоль двух осей: оси X и оси Y. Так для прямой прогонки вдоль оси X каждому j-му узлу, принадлежащему оси Y, ставится в соответствие множество узлов, лежащих на вертикальной оси, которая проходит через j-ый узел. Образованная левая граница исследуемой области по j-му сечению перегоняется до правой границы путём её перемещения от плоскости ZOY вдоль оси OX. Образующееся при этом множество узлов (i, j, k) , $i = 0, \dots, b/h$, $k = 0, \dots, H/s$ также ставится в соответствие j-му узлу оси Y. Далее осуществляется прогонка образованного сечения до узла $j = a/l$ (до торца исследуемой области). Направления прямой прогонки вдоль оси X и оси Y показаны стрелками (рис. 1). Обратная прогонка осуществляется в обратном порядке.

Для получения расчётных выражений система уравнений (5) записывается в конечно-разностной форме:

$$\begin{aligned}
 & \frac{1}{2h} \mathbf{B}_{(i+1),j,k,(\tau-1)} \mathbf{Q}_{(i+1),j,k,\tau} + \frac{1}{2l} \mathbf{C}_{i,(j+1),k,(\tau-1)} \mathbf{Q}_{i,(j+1),k,\tau} + \\
 & \quad + \frac{1}{2z} \mathbf{D}_{i,j,(k+1),(\tau-1)} \mathbf{Q}_{i,j,(k+1),\tau} + \frac{1}{\Delta t} \mathbf{I} \mathbf{Q}_{i,j,k,\tau} - \\
 & - \frac{1}{2h} \mathbf{B}_{(i-1),j,k,(\tau-1)} \mathbf{Q}_{(i-1),j,k,\tau} - \frac{1}{2l} \mathbf{C}_{i,(j-1),k,(\tau-1)} \mathbf{Q}_{i,(j-1),k,\tau} - \\
 & \quad - \frac{1}{2z} \mathbf{D}_{i,j,(k-1),(\tau-1)} \mathbf{Q}_{i,j,(k-1),\tau} = \mathbf{F} + \frac{1}{\Delta t} \mathbf{I} \mathbf{Q}_{i,j,k,(\tau-1)},
 \end{aligned} \tag{6}$$

$$\begin{aligned}
\mathbf{B}_{i,j,k,\tau} &= \begin{vmatrix} u_{i,j,k,\tau} & 0 & 0 & c^2 \\ 0 & u_{i,j,k,\tau} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & u_{i,j,k,\tau} & 0 \\ 1 & 0 & 0 & u_{i,j,k,\tau} \end{vmatrix}, \\
\mathbf{C}_{i,j,k,\tau} &= \begin{vmatrix} v_{i,j,k,\tau} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & v_{i,j,k,\tau} & 0 & c^2 \\ 0 & 0 & v_{i,j,k,\tau} & 0 \\ 0 & 1 & 0 & v_{i,j,k,\tau} \end{vmatrix}, \\
\mathbf{D}_{i,j,k,\tau} &= \begin{vmatrix} w_{i,j,k,\tau} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & w_{i,j,k,\tau} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & w_{i,j,k,\tau} & c^2 \\ 0 & 0 & 1 & w_{i,j,k,\tau} \end{vmatrix}, \quad \mathbf{Q}_{i,j,k,\tau} = \begin{vmatrix} u_{i,j,k,\tau} \\ v_{i,j,k,\tau} \\ w_{i,j,k,\tau} \\ p_{i,j,k,\tau}/\rho c^2 \end{vmatrix},
\end{aligned}$$

Далее выражение (6) удобно представить таким образом, чтобы были отдельно выделены члены, относящиеся к $(j+1)$, j и $(j-1)$. Это необходимо для того, чтобы построить алгоритм прогонки в направлении вдоль оси ОУ. После перегруппировки:

$$\begin{aligned}
&\frac{1}{2l} \mathbf{C}_{i,(j+1),k,(\tau-1)} \mathbf{Q}_{i,(j+1),k,\tau} + \frac{1}{2h} \mathbf{B}_{(i+1),j,k,(\tau-1)} \mathbf{Q}_{(i+1),j,k,\tau} + \\
&\quad + \frac{1}{2z} \mathbf{D}_{i,j,(k+1),(\tau-1)} \mathbf{Q}_{i,j,(k+1),\tau} + \frac{1}{\Delta t} \mathbf{I} \mathbf{Q}_{i,j,k,\tau} - \\
&-\frac{1}{2z} \mathbf{D}_{i,j,(k-1),(\tau-1)} \mathbf{Q}_{i,j,(k-1),\tau} - \frac{1}{2h} \mathbf{B}_{(i-1),j,k,(\tau-1)} \mathbf{Q}_{(i-1),j,k,\tau} - \\
&\quad - \frac{1}{2l} \mathbf{C}_{i,(j-1),k,(\tau-1)} \mathbf{Q}_{i,(j-1),k,\tau} = \mathbf{F} + \frac{1}{\Delta t} \mathbf{I} \mathbf{Q}_{i,j,k,(\tau-1)}.
\end{aligned} \tag{7}$$

Введя в рассмотрение вектор узлов сетки разбиения исследуемой области, принадлежащих вертикальной линии сетки, которая проходит через i, j -ый узел сетки разбиения в плоскости ОХУ исследуемой области:

$$\boldsymbol{\Psi}_{i,j,\tau} = \begin{vmatrix} \mathbf{Q}_{i,j,0,\tau} \\ \mathbf{Q}_{i,j,1,\tau} \\ \dots \\ \mathbf{Q}_{i,j,H/s,\tau} \end{vmatrix}, \tag{8}$$

выражение (7) может быть записано в виде:

$$\begin{aligned}
&\mathbf{A} \mathbf{A}_{i,(j+1),(\tau-1)}^+ \boldsymbol{\Psi}_{i,(j+1),\tau} + \mathbf{A}_{(i+1),j,(\tau-1)}^+ \boldsymbol{\Psi}_{(i+1),j,\tau} + \\
&\quad \mathbf{A}_{i,j,(\tau-1)}^0 \boldsymbol{\Psi}_{i,j,\tau} - \mathbf{A}_{(i-1),j,(\tau-1)}^- \boldsymbol{\Psi}_{(i-1),j,\tau} - \\
&\quad - \mathbf{A} \mathbf{A}_{i,(j-1),(\tau-1)}^- \boldsymbol{\Psi}_{i,(j-1),\tau} = \tilde{\mathbf{F}}_{i,j,(\tau-1)},
\end{aligned} \tag{9}$$

$$AA_{i,j,\tau}^+ = \left\| \begin{array}{c} 0 \\ 1/2l C_{i,j,1,\tau} \\ \dots \\ 1/2l C_{i,j,H/s,\tau} \end{array} \right\|, AA_{i,j,\tau}^- = \left\| \begin{array}{c} 1/2l C_{i,j,0,\tau} \\ 1/2l C_{i,j,1,\tau} \\ \dots \\ 0 \end{array} \right\|,$$

$$A_{i,j,\tau}^+ = \left\| \begin{array}{c} 0 \\ 1/2h B_{i,j,1,\tau} \\ \dots \\ 1/2h B_{i,j,H/s,\tau} \end{array} \right\|, A_{i,j,\tau}^- = \left\| \begin{array}{c} 1/2h B_{i,j,0,\tau} \\ 1/2h B_{i,j,1,\tau} \\ \dots \\ 0 \end{array} \right\|,$$

$$A_{i,j,\tau}^0 = \left\| \begin{array}{ccccccc} \frac{-1}{2s} \mathbf{D}_{i,j,0,\tau} & \frac{1}{\Delta t} \mathbf{I} & \frac{1}{2s} \mathbf{D}_{i,j,2,\tau} & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \frac{-1}{2s} \mathbf{D}_{i,j,1,(\tau-1)} & \frac{1}{\Delta t} \mathbf{I} & \frac{1}{2s} \mathbf{D}_{i,j,3,\tau} & 0 & \dots & 0 \\ & & \dots & & & \dots & \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & \frac{1}{2s} \mathbf{D}_{i,j,H/s,\tau} \end{array} \right\|,$$

$$\check{F}_{i,j,\tau} = \left\| \begin{array}{c} F + \frac{1}{\Delta t} \mathbf{I} Q_{i,j,0,\tau} \\ F + \frac{1}{\Delta t} \mathbf{I} Q_{i,j,1,\tau} \\ \dots \\ F + \frac{1}{\Delta t} \mathbf{I} Q_{i,j,H/s,\tau} \end{array} \right\|.$$

Далее, введя в рассмотрение секущую плоскость $\Xi_{j,\tau} = \left\| \begin{array}{c} \Psi_{0,j,\tau} \\ \Psi_{1,j,\tau} \\ \dots \\ \Psi_{b/h,j,\tau} \end{array} \right\|$,

выражение (9) может быть приведено к виду:

$$AAA_{(j+1),(\tau-1)}^+ \Xi_{(j+1),\tau} + AA_{j,(\tau-1)}^0 \Xi_{j,\tau} - AAA_{(j-1),(\tau-1)}^- \Xi_{(j-1),\tau} = \check{F}_{j,(\tau-1)}, \quad (10)$$

$$AAA_{j,\tau}^+ = \left\| \begin{array}{c} 0 \\ AA_{1,j,\tau}^+ \\ \dots \\ AA_{b/h,j,\tau}^+ \end{array} \right\|, AAA_{j,\tau}^- = \left\| \begin{array}{c} AA_{0,j,\tau}^+ \\ AA_{1,j,\tau}^+ \\ \dots \\ 0 \end{array} \right\|, \check{F}_{j,\tau} = \left\| \begin{array}{c} \check{F}_{0,j,\tau} \\ \check{F}_{1,j,\tau} \\ \dots \\ \check{F}_{b/h,j,\tau} \end{array} \right\|,$$

$$AA_{j,\tau}^0 = \left\| \begin{array}{ccccccc} -\mathbf{A}_{0,j,\tau}^- & \mathbf{A}_{1,j,\tau}^0 & \mathbf{A}_{2,j,\tau}^+ & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & -\mathbf{A}_{1,j,\tau}^- & \mathbf{A}_{2,j,\tau}^0 & \mathbf{A}_{3,j,\tau}^+ & 0 & \dots & 0 \\ & & \dots & & & \dots & \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & \mathbf{A}_{\frac{b}{h},j,\tau}^+ \end{array} \right\|.$$

Задача прогонки будет решаться для крайнего левого, при $j = (0 - 1)$, и крайнего правого, при $j = (a/l + 1)$, положений секущей плоскости $\bar{\Xi}_{j,\tau}$.

Граничные условия для крайнего левого положения секущей плоскости имеют вид:

$$\mathbf{C}_{0,(\tau-1)}^{XZ} \bar{\Xi}_{-1,\tau} = \left[\mathbf{C}_{0,(\tau-1)}^{XZ} + \frac{l}{\Delta t} \mathbf{I}^{XZ} \right] \bar{\Xi}_{0,\tau} + l \cdot \check{\check{\mathbf{F}}}_{0,\tau}, \quad (11)$$

$$\mathbf{C}_{0,(\tau-1)}^{XZ} = \left\| \begin{array}{c} \mathbf{C}_{0,0,0,(\tau-1)} \\ \mathbf{C}_{0,0,1,(\tau-1)} \\ \vdots \\ \mathbf{C}_{0,0,k,(\tau-1)} \\ \vdots \\ \mathbf{C}_{0,0,H/s,(\tau-1)} \\ \mathbf{C}_{1,0,0,(\tau-1)} \\ \vdots \\ \mathbf{C}_{b/h,0,H/s,(\tau-1)} \end{array} \right\|.$$

Граничные условия для крайнего правого положения:

$$\mathbf{C}_{a/l,(\tau-1)}^{XZ} \bar{\Xi}_{(a/l-1),\tau} = \left[\mathbf{C}_{a/l,(\tau-1)}^{XZ} + \frac{l}{\Delta t} \mathbf{I}^{XZ} \right] \bar{\Xi}_{a/l,\tau} + l \cdot \check{\check{\mathbf{F}}}_{a/l,\tau}. \quad (12)$$

Полученная система уравнений:

$$\bar{\Xi}_{-1,\tau} = \mathbf{X}_{0,\tau} \bar{\Xi}_{0,\tau} + \mathbf{y}_{0,\tau}, \quad (13)$$

$$\mathbf{X}_{0,\tau} = \left[\mathbf{C}_{0,(\tau-1)}^{XZ} + \frac{l}{\Delta t} \mathbf{I}^{XZ} \right] (\mathbf{C}_{0,(\tau-1)}^{XZ})^{-1}, \quad \mathbf{y}_{0,\tau} = l (\mathbf{C}_{0,(\tau-1)}^{XZ})^{-1} \check{\check{\mathbf{F}}}_{0,\tau}, \quad (14)$$

$$\begin{aligned} \bar{\Xi}_{(j+1),\tau} = & -AA_{j,(\tau-1)}^0 (AAA_{(j+1),(\tau-1)}^+)^{-1} \bar{\Xi}_{j,\tau} + \\ & + AAA_{(j-1),(\tau-1)}^- (AAA_{(j+1),(\tau-1)}^+)^{-1} \bar{\Xi}_{(j-1),\tau} + \\ & + \check{\check{\mathbf{F}}}_{j,(\tau-1)} (AAA_{(j+1),(\tau-1)}^+)^{-1}, \end{aligned} \quad (15)$$

$$\bar{\Xi}_{(a/l-1),\tau} = \mathbf{X}_{a/l,\tau} \bar{\Xi}_{a/l,\tau} + \mathbf{y}_{a/l,\tau}, \quad (16)$$

$$\mathbf{X}_{a/l,\tau} = \left[\mathbf{C}_{a/l,(\tau-1)}^{XZ} + \frac{l}{\Delta t} \mathbf{I}^{XZ} \right] (\mathbf{C}_{a/l,(\tau-1)}^{XZ})^{-1}, \quad (17)$$

$$\mathbf{y}_{a/l,\tau} = l(\mathbf{C}_{a/l,(\tau-1)}^{XZ})^{-1} \tilde{\mathbf{F}}_{a/l,\tau}, \quad (18)$$

решается методом прогонки.

Прямая прогонка будет совершена в том случае, когда будут найдены $\mathbf{X}_{j,\tau}$ и $\mathbf{y}_{j,\tau}$, $j = 0, \dots, a/l$, такие, чтобы выполнялось равенство:

$$\tilde{\Xi}_{(j-1),\tau} = \mathbf{X}_{j,\tau} \tilde{\Xi}_{j,\tau} + \mathbf{y}_{j,\tau}. \quad (19)$$

Для отыскания $\mathbf{X}_{j,\tau}$ и $\mathbf{y}_{j,\tau}$ в (18) подставляется $\tilde{\Xi}_{(j-1),\tau}$ из (19):

$$\begin{aligned} \tilde{\Xi}_{(j+1),\tau} = & -\mathbf{A}\mathbf{A}_{j,(\tau-1)}^0 (\mathbf{A}\mathbf{A}\mathbf{A}_{(j+1),(\tau-1)}^+)^{-1} \tilde{\Xi}_{j,\tau} + \\ & + \mathbf{A}\mathbf{A}\mathbf{A}_{(j-1),(\tau-1)}^- (\mathbf{A}\mathbf{A}\mathbf{A}_{(j+1),(\tau-1)}^+)^{-1} (\mathbf{X}_{j,\tau} \tilde{\Xi}_{j,\tau} + \mathbf{y}_{j,\tau}) + \\ & + \tilde{\mathbf{F}}_{j,(\tau-1)} (\mathbf{A}\mathbf{A}\mathbf{A}_{(j+1),(\tau-1)}^+)^{-1}, \end{aligned} \quad (20)$$

После записи (20) в форме, аналогичной (13), получено выражение:

$$\begin{aligned} \tilde{\Xi}_{j,\tau} = & \\ = & \left\{ -\mathbf{A}\mathbf{A}_{j,(\tau-1)}^0 (\mathbf{A}\mathbf{A}\mathbf{A}_{(j+1),(\tau-1)}^+)^{-1} + \right. \\ & + \mathbf{A}\mathbf{A}\mathbf{A}_{(j-1),(\tau-1)}^- (\mathbf{A}\mathbf{A}\mathbf{A}_{(j+1),(\tau-1)}^+)^{-1} \mathbf{X}_{j,\tau} \left. \right\}^{-1} \tilde{\Xi}_{(j+1),\tau} - \\ & - \mathbf{A}\mathbf{A}\mathbf{A}_{(j-1),(\tau-1)}^- (\mathbf{A}\mathbf{A}\mathbf{A}_{(j+1),(\tau-1)}^+)^{-1} \times \\ & \times \left\{ -\mathbf{A}\mathbf{A}_{j,(\tau-1)}^0 (\mathbf{A}\mathbf{A}\mathbf{A}_{(j+1),(\tau-1)}^+)^{-1} + \right. \\ & + \mathbf{A}\mathbf{A}\mathbf{A}_{(j-1),(\tau-1)}^- (\mathbf{A}\mathbf{A}\mathbf{A}_{(j+1),(\tau-1)}^+)^{-1} \mathbf{X}_{j,\tau} \left. \right\}^{-1} \mathbf{y}_{j,\tau} - \\ & - \tilde{\mathbf{F}}_{j,(\tau-1)} (\mathbf{A}\mathbf{A}\mathbf{A}_{(j+1),(\tau-1)}^+)^{-1} \times \\ & \times \left\{ -\mathbf{A}\mathbf{A}_{j,(\tau-1)}^0 (\mathbf{A}\mathbf{A}\mathbf{A}_{(j+1),(\tau-1)}^+)^{-1} + \right. \\ & + \mathbf{A}\mathbf{A}\mathbf{A}_{(j-1),(\tau-1)}^- (\mathbf{A}\mathbf{A}\mathbf{A}_{(j+1),(\tau-1)}^+)^{-1} \mathbf{X}_{j,\tau} \left. \right\}^{-1}, \end{aligned} \quad (21)$$

из которого следует:

$$\begin{aligned} \mathbf{X}_{(j+1),\tau} = & \left\{ -\mathbf{A}\mathbf{A}_{j,(\tau-1)}^0 (\mathbf{A}\mathbf{A}\mathbf{A}_{(j+1),(\tau-1)}^+)^{-1} + \right. \\ & + \mathbf{A}\mathbf{A}\mathbf{A}_{(j-1),(\tau-1)}^- (\mathbf{A}\mathbf{A}\mathbf{A}_{(j+1),(\tau-1)}^+)^{-1} \mathbf{X}_{j,\tau} \left. \right\}^{-1}, \end{aligned} \quad (22)$$

$$\begin{aligned} \mathbf{y}_{(j+1),\tau} = & -\mathbf{A}\mathbf{A}\mathbf{A}_{(j-1),(\tau-1)}^- (\mathbf{A}\mathbf{A}\mathbf{A}_{(j+1),(\tau-1)}^+)^{-1} \mathbf{X}_{(j+1),\tau} \mathbf{y}_{j,\tau} - \\ & - \tilde{\mathbf{F}}_{j,(\tau-1)} (\mathbf{A}\mathbf{A}\mathbf{A}_{(j+1),(\tau-1)}^+)^{-1} \mathbf{X}_{(j+1),\tau}. \end{aligned} \quad (23)$$

Так как $\mathbf{X}_{0,\tau}$ и $\mathbf{y}_{0,\tau}$ известны из краевых условий для крайнего левого торца, левой боковой и нижней граней исследуемой области, то с помощью

рекуррентных соотношений (17), (18) могут быть определены $X_{j,\tau}$ и $Y_{j,\tau}$ для всех $j = 0, \dots, a/l$.

На основании (16) определяется $\Xi_{a/l,\tau}$.

Для известных значений элементов матрицы-вектора $\Xi_{a/l,\tau}$, на основании найденных значений $X_{j,\tau}$ и $Y_{j,\tau}$, $j = 0, \dots, a/l$, с помощью рекуррентного соотношения (13), рассчитываются $\Xi_{j,\tau}$, $j = a/l - 1, a/l - 2, \dots, 1$. Выполняется обратная прогонка.

Выводы

В статье предложен метод решения системы квазилинейных дифференциальных уравнений газовой динамики, описывающих поле скоростей и давлений в объёме воздушной среды, находящейся между двумя эквидистантными синхронно-колеблющимися плоскостями вибромашины при заданных краевых условиях для исследуемого объёма воздуха. Предлагаемый способ расчёта поля скоростей и давлений основывается на методе прогонки для трёхмерного случая для системы дифференциальных уравнений.

Построенный на основе предложенного подхода алгоритм расчёта является инвариантным в отношении к формулируемым краевым условиям для исследуемой воздушной массы. То есть какие-либо изменения конструкции крепления рабочих плоскостей, видоизменение их кромок и тому подобное, не приведут к необходимости изменения алгоритма расчёта. Метод позволяет проводить достаточно широкие исследования влияния конструкции вибромашины на параметры воздушного потока, создаваемого между колеблющимися плоскостями.

Полученные результаты могут быть использованы для разработки алгоритмов расчёта параметров воздушного потока между эквидистантными синхронно-колеблющимися плоскостями вибромашин, реализованные на ЭВМ.

Список использованной литературы

1. Василенко П. М. Теория движения частицы по шероховатым поверхностям сельскохозяйственных машин [Текст] / П. М. Василенко. – К.: УАСХН, 1960.–284 с.
2. Козаченко А. В. Обоснование параметров технологического процесса очистки и сортирования семян табака и махорки на вибрационной семяочистительной машине: автореф. дис. на соиск. степени канд. техн. наук/ А. В. Козаченко. – Харьков, 1984 – 20 с.
3. Березин И. С. Методы вычислений. Том 2 / И.С. Березин, Н.П. Жидков. – М.: Изд. физ. мат. литературы. – 1959. – 620 с.
4. Абдуев М. М. Теоретические исследования характеристик движения частиц в наклоненном воздушном канале при изменении характеристик эпюры скорости воздуха по высоте канала М. М. Абдуев, М. В. Бакум, Ю. О. Манчинский, В. В. Сичов, В. П. Леонов // Механизация сельського хозяйства: Вестник ХНТУСХ.– Харьков, 2003.– Вып.21.– С. 88-94.

5. Завгородний А. И., Синяева О. В. Движение шара в воздушном потоке между вибрирующими плоскостями / А. И. Завгородний, О. В. Синяева // Вибрация в технике и технологиях: Всеукраинський научно-технічний журнал, №3(67).– Винница: ВНАУ, 2012.– С. 20-27.
6. Седов Л. И. Механика сплошной среды. Т. 1. – М.: Наука, 1970. – 492 с.
7. Лукьяненко В. М. Метод расчета поля скоростей воздушного среды между двумя эквидистантными плоскостями при осуществлении ими синхронных гармонических колебаний / А. А. Никифоров, А. П. Петрик // Вестник ХНТУСХ им. П. Василенка. – Харьков. 2017, Вып 180, стр. 100-106.
8. Лукьяненко В. М. Постановка задачи расчета поля скоростей воздушного среды между двумя эквидистантными плоскостями при осуществлении ими синхронных гармонических колебаний / А.А. Никифоров // Инженерия Природопользования №2 (8) 2017, стр. 33-38.
9. Гольдин А. В. О влиянии воздушной среды на процесс вибрационного перемещения сыпучего материала. В кн.: Динамика, прочность и надёжность тракторов и сельскохозяйственных машин, Сб.н.тр. МИИСП, М., 1976, с. 78-63.

Анотація

РОЗРАХУНОК ПОЛЯ ШВИДКОСТЕЙ ПОВІТРЯНОГО СЕРЕДОВИЩА МІЖ ДВОМА ЕКВІДИСТАНТНИМИ ПЛОЩИНАМИ ПРИ ЗДІЙСНЕННІ НИМИ СИНХРОННИХ ГАРМОНІЙНИХ КОЛИВАНЬ МЕТОДОМ ПРОГОНУ

Лук'яненко В. М., Кісь В. М., Никифоров А. О.

У даній статті представлений спосіб розрахунку поля швидкостей повітряного середовища між двома еквідистантними площинами при здійсненні ними синхронних гармонічних коливань, заснований на методі прогонки для системи квазілінійних диференціальних рівнянь газової динаміки для тривимірного випадку.

Abstract

CALCULATION OF THE FIELDS OF THE AIR SPEED SPEEDS BETWEEN TWO EQUIDISTANT PLANES WHEN THEIR SYNCHRONOUS HARMONIC VIBRATIONS ARE PERFORMED BY THE METHOD OF PROPAGATION

V. Lukianenko, V. Kis, A. Nikiforov

This paper presents a method for calculating the air velocity field between two equidistant planes when they perform synchronous harmonic oscillations, based on the sweep method for a system of quasilinear differential equations of gas dynamics for a three-dimensional case.

ЗМІСТ

СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ МАШИНИ З ПРУЖИННИМИ СТІЙКАМИ КРІПЛЕННЯ РОБОЧИХ ОРГАНІВ	
Циганенко М. О., Романащенко О. А., Сировицький К. Г., Качанов В. В.	5
УДОСКОНАЛЕННЯ РОБОЧОГО ОРГАНУ КУЛЬТИВАТОРА ДЛЯ ОБРОБІТКУ ЗАБУР'ЯНЕНИХ ГРУНТІВ	
Харченко С. О., Тіщенко І. С., Фесенко Г. В.	15
РЕЗУЛЬТАТИ СОРТУВАННЯ НАСІННЯ ГОРОХУ НА ВІБРОФРИКЦІЙНОМУ СЕПАРАТОРІ	
Бакум М. В., Михайлов А. Д., Козій О. Б.	21
ДООЧИЩЕННЯ ТА СОРТУВАННЯ НАСІННЯ СОЇ НА ВІБРАЦІЙНІЙ НАСІННОСОЧИСНІЙ МАШИНІ	
Бакум М. В., Михайлов А. Д., Козій О. Б.	26
ПАРАМЕТРИЧНА ОПТИМІЗАЦІЯ СИСТЕМИ “ДВИГУН-ТРАНСМІСІЯ”	
Варваров Л. М., Гришин І. Я.	31
НОВІ МОЖЛИВОСТІ ПРИ СУМІСНИХ ПОСІВАХ КОРМОВИХ КУЛЬТУР	
Мельник В. І., Пастухов В. І., Циганенко М. О., Качанов В. В., Крохмаль Д. В.	37
ДОСЛІДЖЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИСІВУ НАСІННЯ ОВОЧЕВИХ КУЛЬТУР КООРДИНАТНИМ ГІДРО-ПНЕВМАТИЧНИМ ВИСІВНИМ АПАРАТОМ	
Бойко В. Б.	45
СТЕНД ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗПИЛЮЮЧИХ ПРИСТРОЇВ МАШИН ДЛЯ ВНЕСЕННЯ АГРОХІМІКАТІВ	
Кобець О. М., Пугач А. М., Кузьменко О. Ф.	52
ВПЛИВ КРИВИЗНИ РЕШЕТА НА ЕФЕКТИВНІСТЬ СОРТУВАННЯ НАСІННЯ СОЇ	
Бакум М. В., Козій О. Б., Крекот М. М., Винокуров М. О., Вотченко О. С., Басов О. І.	58
ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ РОБОЧОЇ ПОВЕРХНІ КОПАЧА КОРЕНЕПЛОДІВ	
Сокол С. П.	66
ВПЛИВ КРИВИЗНИ РЕШЕТА НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ОЧИЩЕННЯ НАСІННЯ ГОРОХУ ВІД ЙОГО ПОЛОВИНОК	
Бакум М. В., Крекот М. М., Михайлов А. Д., Абдуєв М. М., Циба М. В., Басов О. І.	73

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЗЕРНА СОЇ	
Нанка О. В., Бакум М. В., Крекот М. М., Русальов О. М., Бойко Д. І., Вотченко О. С.	80
АГРОТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ СОШНИКОВ РАЗНЫХ ТИПОВ	
Морозов И. В., Морозов В. И., Киральгази И. И.	86
ГЕНЕТИЧНА АКТИВНІСТЬ ЯРОЇ ПШЕНИЦІ ЗАЛЕЖНО ВІД ДІЇ ІОНІЗУЮЧОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ	
Панкова О. В., Пузік В. К., Сировицький К. Г., Чалая О. С., Фесенко А. М.	91
ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОЩУВАННЯ ВЕЛИКОПЛІДНОЇ ЧОРНИЦІ НА УКРАЇНІ	
Пузік В. К., Романащенко О. А., Романащенко І. О., Романащенко М. О.	97
ЗНИЖЕННЯ ТЕХНОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ДОВКІЛЛЯ ЗА РАХУНОК ЗАМІЩЕННЯ ВУГІЛЛЯ СОЛОМ'ЯНОЮ БІОМАСОЮ	
Семірненко С. Л., Семірненко Ю. І.	103
ВПЛИВ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ НА ОРГАНІЗМ ЛЮДИНИ	
Чалая О. С., Фатєєва Н. Ю.	110
МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ОТРИМАННЯ БІОГАЗУ З ВІДХОДІВ І СИРОВИНИ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ФЕРМ	
Василенко О. О.	117
ДОСЛІДЖЕННЯ СТІЙКОСТІ РУХУ ДВОВІСНОГО ПРИЧЕПА ПРИ РОБОТІ З БУРЯКОЗБИРАЛЬНИМ КОМБАЙНОМ	
Єсіпов О. В., Поляшенко С. О.	122
ПІДВИЩЕННЯ СТАБІЛЬНОСТІ РУХУ ТРАКТОРА ХТЗ-160 ПО ЗАДАНИЙ ТРАЄКТОРІЇ ВИКОРИСТАННЯМ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ АДАПТИВНОГО КЕРУВАННЯ	
Макаренко М. Г., Кулаков Ю. М., Макаренко О. М.	128
КОНСТРУКТИВНАЯ СХЕМА ПОДАЧИ ПРИРОДНОГО ГАЗА ДЛЯ АВТОТРАКТОРНЫХ ГАЗОДИЗЕЛЕЙ	
Улексин В. А., Стремоухов А. Б.	137
СТАН СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ОХОРОНОЮ ПРАЦІ НА ПІДПРИЄМСТВАХ УКРАЇНИ	
Хворост Т.В.	145
ЗМІНА ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ДВИГУНА В РЕЖИМІ РОБОТИ БЕЗ НАВАНТАЖЕННЯ ПРИ ВІДКЛЮЧЕННІ ЦИЛІНДРІВ	
Полянський О. С., Молодан А. О.	152

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОСТИ АВТОМОБИЛЕЙ И ТРАКТОРОВ ПРИ НАЕЗДЕ НА ПРЕПЯТСТВИЕ Полянский А. С., Клец Д. М., Дубинин Е. А., Задорожня В. В.	162
ПОВЫШЕНИЕ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН, ОСНАЩЕННЫХ ДВИГАТЕЛЯМИ С ТУРБОНАДДУВОМ Полянский А. С., Кириенко Н. М., Задорожня В. В., Переверзева Л. Н.	172
РОЗВИТОК ЗАГАЛЬНО-НАВЧАЛЬНИХ НАВИЧОК ЯК НЕОБХІДНА УМОВА В ПІДГОТОВЦІ ФАХІВЦЯ З ВИСОКОЮ КУЛЬТУРОЮ БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ Черепньов І. А., Фесенко Г. В., Макогон О. А., Гунченко В. О., Новік С. А.	178
ОЦІНЕННЯ НЕБЕЗПЕКИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ АГРЕГАТІВ ЗА ДАНИМИ ДЕФЕКТОСКОПІЇ ДЕТАЛЕЙ Полянський О. С., Войналович О. В., Мотрич М. М.	185
КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА І АНАЛІЗ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ІСНУЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПЕРЕРОБКИ РОСЛИННИХ ВІДХОДІВ У ПАЛИВНІ БРИКЕТИ Полянський О. С., Д'яконов В. І., Д'яконов О. В.	192
УМОВИ ПРАЦІ МАШИНІСТА ЕЛЕКТРОПОЇЗДУ МЕТРОПОЛІТЕНУ ЯК ФАКТОР ЙОГО ПСИХОФІЗІОЛОГІЧНОГО СТАНУ І БЕЗПЕКИ ПЕРЕВЕЗЕНЬ Д'яконов В. І., Переверзева Л. М. Серіков Я. О., Чернявський А. В.	202
ДОСЛІДЖЕННЯ СТАНУ І РОЗРОБКА МЕТОДОЛОГІЇ ЗНИЖЕННЯ РІВНЯ ВИРОБНИЧОГО ТРАВМАТИЗМУ В ГАЛУЗІ ЖИТЛОВО-КОМУНАЛЬНОГО ГОСПОДАРСТВА УКРАЇНИ Д'яконов В. І., Кірієнко М. М., Серіков Я. О.	207
АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ЗАХИСНИХ ЕКРАНІВ ДЛЯ ЗАХИСТУ РОСЛИН ВІД ШКІДЛИВОГО ВПЛИВУ ТРАНСПОРТНОГО ЗАБРУДНЕННЯ Кірієнко М. М., Данова К. В., Малишева В. В., Д'яконов В. І.	215
ОЦІНКА ПОТЕНЦІЙНИХ НЕБЕЗПЕЧНИХ І ШКІДЛИВИХ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ Д'яконов В. І., Адаменко М. І., Третьяков О. В., Нестеренко С. В.	220
ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ДЛЯ ОХОРОНИ ОБ'ЄКТІВ Черепньов І. А., Романюк В. А., Стародубцев С. О.	231

ОСОБЛИВОСТІ РОЗВИТКУ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ В РОСЛИННИЦТВІ	
Мироненко В. Г.	239
РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТЯГОВОЇ ДИНАМІКИ ЧОТИРЬОХ ГУСЕНИЧНОГО ТРАКТОРА ХТЗ-280Т	
Шаповалов Ю. К., Мельник В. І., Антощенко Р. В., Антощенко В. М., Кісь В. М., Галич І. В., Никифоров А. О., Богданович С. А., Лукьяненко О. В.	243
ВЛИЯНИЕ НЕОДНОРОДНОСТИ НАПЛАВЛЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ	
Коломиец В. В., Антощенко Р. В., Ридный Р. В., Богданович С. А.	251
РАЗРАБОТКА И ПРИМЕНЕНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТВЕРДЫХ СМАЗОК ПРИ ЛЕЗВИЙНОЙ И АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКЕ МЕТАЛЛОВ РЕЗАНИЕМ	
Коломиец В. В., Антощенко Р. В., Кісь В. М., Горбачева Т. В., Любичева К. М.	264
К ПОСТРОЕНИЮ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА ПРОСЕИВАНИЯ ЗЕРНОВОГО ВОРОХА В ЦИЛИНДРИЧЕСКОМ РЕШЕТЕ СКАЛЬПЕРАТОРА	
Богданович С. А.	268
СЕПАРАЦІЯ НАСІННЄВОЇ СУМІШІ СОЇ НА МЕХАТРОННІЙ МУЛЬТИПЛОЩИННІЙ ВІБРАЦІЙНІЙ НАСІННЄОЧИСНІЙ МАШИНІ	
Лук'яненко В. М., Никифоров А. О., Галич І. В., Лук'яненко О. В., Петрик А. П.	273
ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА КОНСТРУКЦИИ ПЕНООБРАЗОВАТЕЛЯ	
Лукьяненко О. В.	279
ДОСЛІДЖЕННЯ СИЛИ ТА КОЕФІЦІЄНТА ЗЧЕПЛЕННЯ ОЛІЙНОГО НАСІННЯ З ПРОФІЛЬОВАНИМИ ПОВЕРХНЯМИ	
Сукач О. М., Шевчук В. В.	286
ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОЧОГО ЦИКЛУ МАЛОГАБАРИТНОГО ШНЕКОВОГО ОЛІЙНОГО ПРЕСУ	
Паславський В. Р.	293
ЗАПОБІГАННЯ РИЗИКАМ ПРОМИСЛОВОЇ РОБОТИЗАЦІЇ	
Цимбал Б. М., Артем'єв С. Р., Малько О. Д., Войтов В. А., Антощенко Р. В.	304

ОПТИМАЛЬНІ ПОПЕРЕЧНІ ПЕРЕТИНИ БУРЯКОВОЇ СТРУЖКИ ДЛЯ ДОСЯГНЕННЯ МАКСИМАЛЬНОГО ЕФЕКТУ ПРОЦЕСУ ЕКСТРАКЦІЇ	
Люлька О. М., Коломієць В. В., Фабричнікова І. А.	311
ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ГВИНТОВИХ КОНВЕЄРІВ З ОБЕРТОВИМИ КОЖУХАМИ	
Гевко Ів. Б., Дячун А. Є., Мельничук А. Л., Золотий Р. З., Шуст І. М.	318
ОЦІНКА, ІДЕНТИФІКАЦІЯ ПРОФЕСІЙНИХ РИЗИКІВ У РОБОТІ ОПЕРАТОРІВ МОБІЛЬНИХ МАШИН І МОНІТОРИНГ УМОВ ЇХ ПРАЦІ	
Рогач Ю. П.	326
РАСЧЁТ ПОЛЯ СКОРОСТЕЙ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ МЕЖДУ ДВУМЯ ЭКВИДИСТАНТНЫМИ ПЛОКОСТЯМИ ПРИ СОВЕРШЕНИИ ИМИ СИНХРОННЫХ ГАРМОНИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ МЕТОДОМ ПРОГОНКИ	
Никифоров А. А., Лукьяненко В. М., Кись В. Н.	337

ВІСНИК
ХАРКІВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА ІМЕНІ ПЕТРА ВАСИЛЕНКА

Випуск 190

«Механізація сільськогосподарського виробництва»

Відповідальний за випуск: Власовець В. М.

Редактори: Пастухов В. І., Лебедев А. Т., Артьомов М. П., Пузік В. К.,
Антощенко Р. В., Кірієнко М. М.

Комп'ютерна верстка: Коршунов К. С.

Підписано до друку 29.03.2018. Здано до набору 30.03.2018.
Формат 60×84 1/16. Папір офсетний. Гарнітура Times New Roman.
Офсетний друк. Умов. друк. арк. 17,15
Тираж 300 примірників
