

МІНІСТЕРСТВО АГРАРНОЇ ПОЛІТИКИ УКРАЇНИ

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

ТЕХНІЧНІ НАУКИ

Випуск 107

«МЕХАНІЗАЦІЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА»

Том 1

Харків 2011

УДК 631.171
ББК 40.71

Друкується за рішенням вченої ради Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка від 24.02.2011 р., протокол № 7

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:

Член-кореспондент УААН, професор **Мазоренко Д.І.** (відповідальний редактор); академік УААН, професор, д. т. н. **Зайка П.М.**; член-кореспондент УААН, професор, д. т. н. **Тіщенко Л.М.**; професор, д. т. н. **Войтов В.А.**; професор, д. т. н. **Завгородній О.І.**; професор, д. т. н. **Лебедєв А.Т.**; професор, д. т. н. **Манчинський Ю.О.**; професор, д. т. н. **Морозов І.В.**; професор, д. т. н. **Пастухов В.І.**; доцент, к. т. н. **Харченко С.О.** (заступник відповідального редактора); доцент, к. т. н. **Лук'яненко В.М.** (відповідальний секретар); професор, к. т. н. **Науменко О.А.**; професор, к. т. н. **Сандомирський М.Г.**; професор, к. т. н. **Бакум М.В.**; доцент, к. т. н. **Кірієнко М.М.**

Технічні секретарі: **Жиліна О.О., Богомоллова В.П.**

Відповідальний за випуск **Харченко С.О.**

Наукове фахове видання
Вісник Харківського національного технічного університету сільського
господарства імені Петра Василенка
Випуск 107

«Механізація сільськогосподарського виробництва»

Том 1

ISBN 5-7987-0176 X

© Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка, 2011 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, Польщі, Росії, на підприємствах, що мають сільськогосподарський профіль.

Вісник № 107 складається з двох томів. В перший том включені статті за напрямками експлуатація машинно-тракторного парку і сільськогосподарські машини. В другий том цього випуску включені статті за напрямками: трактори і автомобілі; 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, Польши, России, на предприятиях, которые имеют сельскохозяйственный профиль.

Вестник № 107 состоит из двух томов. В первый том включены статьи за направлениями эксплуатация машинно-тракторного парка и сельскохозяйственные машины. Во второй том этого выпуска включены статьи за направлениями: трактора и автомобили; 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 Kharkov national technical university of agriculture of the name of Peter Vasilenko (KHNTUSKH) includes the articles, the results of research works, conducted in an university are resulted in which, and also in other educational establishments of Ukraine, Poland, Russia, on enterprises which have an agricultural type.

Bulletin № 107 consists of two volumes. In the first volume the included articles after directions exploitation of machine tractor park and agricultural machines. In the second volume this issue the articles are included after directions: tractors and cars; 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 institutes of higher of agricultural type, specialists of agricultural production.

ПРОБЛЕМА ЕФЕКТИВНОГО МАШИНОВИКОРИСТАННЯ В ЗЕМЛЕРОБСТВІ ЗА РІЗНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІВНІВ ГОСПОДАРСТВ

Ковтун Ю.І., д.с.-г.н., акад. ІАУ, проф., Харченко С.О., к.т.н., доц.
*Харківський національний технічний університет сільського господарства
імені Петра Василенка*

В статті приведені методичні підходи з розробки блочно-варіантної системи машиновикористання в землеробстві в залежності від технологічних рівнів господарств на прикладі районів Степової, Лісостепової агрокліматичних зон України.

Стан питання і завдання. Навчально-наукова робота кафедри оптимізації технологічних систем з вирішення проблеми машиновикористання в землеробстві проводиться в кількох напрямках.

Один із них охоплює питання оптимізації технологічних систем, включаючи оптимізацію машинно-тракторних агрегатів, куди входять такі дисципліни, як експлуатація машин і обладнання, машиновикористання в землеробстві, технічний сервіс в АПК, аналіз технологічних систем, інформаційне забезпечення, система точного землеробства та ін.

Другий напрямок – це питання якості роботи цих агрегатів, до якого входять дві дисципліни: агрокваліметрія (теоритичні основи і технічна агрокваліметрія) та система якості “поле-машина” (технологічні умови роботи машин, технологічні регулювання техніки, визначення і оцінка показників якості).

Третій напрямок кафедри — це розробка і впровадження в науково-навчальний процес загальної наукової методології рівнево-порівняльного характеру, що охоплено дисципліною рівністика.

Всі три напрямки, крім втілення в учбовому процесі, об'єднанні в науково-дослідну тему “Дослідження і розробка технологічної блочно-варіантної системи машиновикористання в землеробстві”, заплановану на 2010-2015 роки в складі 7 основних етапів. Перші два з цих етапів виконано в 2010 році повністю – це розробка програми і методики та встановлення існуючих типових і фактичних технологій, а третій етап виконувався частково в 2010 році з завершенням в 2011 році – це дослідження технологічних рівнів господарств.

Методологія. В результаті була розроблена загальна концепція методичних напрямків, визначені відповідальні за етапи і за 5 основних технологічних блоків; розроблені програма і методика досліджень по цих блоках з визначенням технічних рівнів техніки, вибрані адміністративні райони Харківської області для досліджень господарства, проведені попередні дослідження з визначення технологічних рівнів господарств, зроблено обстеження і аналіз господарств що належать до різних технологічних рівнів.

Загальна концепція методичних напрямків полягає в тому, що необхідно відійти від розробки типових технологічних процесів для кожної сільгоспультури з однозначним набором технологічних операцій, способів і засобів їх виконання, що не надає господарнику маневру у виборі технологічної ситуації, яка складається, тобто від технологічних умов на полі і можливостей в господарстві на даний час по конкретній операції. Тому слід розробляти машинні технологічні операції по процесам з 5 груп (блоків):

- 1) основна підготовка ґрунту (внесення добрив і глибокий обробіток);
- 2) зберігання і підготовка насінневого або садивного матеріалів;
- 3) сівба або садіння, включаючи ранньовесняний і предпосівний обробіток ґрунту;
- 4) створення умов для росту і розвитку рослин (догляд за рослинами);
- 5) збирання врожаю, або перехід вирощеної продукції в наступний технологічний цикл.

Ці процеси є закономірно обов'язковими при виробництві рослинної продукції [1; 2]. При визначенні технологічних операцій і технологічних засобів їх виконання передбачається застосування наукової методології рівнево-порівняльного характеру [3].

Результати. Дослідженнями проведеними в 4-х районах Харківської області – Степової агрокліматичної зони (Лозівський, Балакліівський і Красноградський) та Лісостепу (Золочівський район) – визначенні технологічні рівні господарств. В результаті встановлено (табл. 1), що до господарств низького технологічного рівня (НТР) відноситься 78 % (по районах від 65 до 86 %), середнього технологічного рівня (СТР) — 17 % (11-23 % по районах) і високого технологічного рівня (ВТР) лише 5 % (0-12% по районах).

Таблиця 1 – Розподіл господарств за рівнями, (р = ±1,5...3,3 %)

XX ст. 1971-1985 рр. Технологічні рівні (ТР) [3]	XXI ст. 2007-2009 рр.		
	Групи технологічних рівнів (ТР)	За 9-бальною шкалою	
		бали	%
Низького ТР 48 %	Низького ТР 78 (в т.ч. найнижчого ННТР 49)	1	49
		2	3
		3	-
		4	27
Середнього ТР 35 %	Середнього ТР 17 %	5	10
		6	3
		7	3
Високого ТР 17 %	Високого ТР 5 %	8	5
		9	-

Як видно з таблиці, в порівнянні з минулим століттям співвідношення господарств змінилося суттєво: якщо в минулому господарства НТР складала майже половину, то сьогодні – це біля 80 %, СТР – 35 % зменшилося в два рази (17 %), і ВТР зменшилося більше як в три рази з 17 до 5 %. Якщо враховувати, що рівень господарств визначається рівнем соціальної активності керівництва, спеціалістів, то зменшення активної частини населення на селі свідчить про

перерозподіл його в бізнес, до міста.

Мало того, серед господарств НТР більше половини (до 49 % із 78 %) можна віднести до найнижчого технологічного рівня (ННТР), де отримуються низькі врожаї (11-30 ц/га зернових) на малих площах (від 5...7 до 1600 га).

Обстеження цих господарств показало, що в них низький рівень ефективності машиновикористання землеробської техніки, низькі економічні показники. Такі господарства не підпадають під загальноприйнятту теорію оптимізації технологічних систем, комплектування машино-тракторних агрегатів. Тому передбачається в подальшому розробити методику оцінки технічного рівня за показниками збереження енергоресурсів, екосистеми і біопотенціалу сільгоспкультур [4]. Останній показник заслуговує на особливу увагу, так, як розкриває можливості невикористаних резервів.

Так, наприклад при середньому по Україні біопотенціалі сортів озимої пшениці за даними сортовипробовувань 50...60 ц/га (а в деяких випадках до 100 ц/га) фактична врожайність становить біля 25...30 ц/га, відповідно кукурудзи на зерно 60...70 і 35...40 ц/га, цукровий буряк 450...500 і 250...300 ц/га, соняшник 25...30, фактично 14...15 ц/га, тобто коефіцієнт реалізації біопотенціалу (КРБП) сортових можливостей складає в кращому разі 0,50, а по окремих господарствах 0,20...0,40.

В той же час в деяких господарствах КРБП сягає 0,70...0,90, що свідчить про можливості реалізації сучасних культур за високого рівня агротехніки, при забезпеченні якості механізованих технологій, роботи машин, навіть за відсутності добрив. А останні досягнення селекціонерів свідчать, що при застосуванні високоякісного насіннєвого матеріалу можливі надвисокі урожаї: наприклад кукурудзи на зерно до 120...140 ц/га, озимої пшениці до 120 ц/га, соняшника до 60 ц/га[5]. Тільки за таких високих врожаїв можлива окупність сучасної високовартісної сільгосптехніки та енергозасобів.

До речі, господарства ННТР часто об'єднуються, закупаючи один, наприклад, комбайн на 3-5 господарств. Також застосовують аренду техніки і наймання працівників зі своїми технічними засобами, тобто мають місце так звані індивідуальні МТС(машино-тракторні станції).

Крім того, в подальшому будуть проведені дослідження з проблем машиновикористання в землеробстві по п'яти технологічних блоках безпосередньо в господарствах при дослідженні фактичних технологічних процесів в землеробстві.

Висновки. Попередні результати досліджень свідчать про актуальність теми, про необхідність підвищення рівня машиновикористання в землеробстві наряду з економічними і організаційно-соціальними проектами.

Результати досліджень та відповідні рекомендації щодо підвищення рівня ефективності машиновикористання землеробської техніки необхідні виробництву.

Окремо і особливо стоїть завдання в 2011 році з розробки програми і плану роботи з визначення методичних напрямків виконання 4 етапу теми: Розробка проектів інформаційного забезпечення варіантів технологічних операцій і технічних засобів по основних 5 технологічних блоках.

В кінцевому результаті по темі передбачається розробки комп'ютерного забезпечення для виробництва технологічної блочно-варіантної системи машиновикористання в землеробстві з показниками рівнів енергоресурсів, збереження довкілля і реалізації біопотенціалу сільгоспкультур.

Список використаних джерел

1. Мазоренко Д.І. Проект розробки перспективної технологічно блочно-варіантної системи машиновикористання в землеробстві / Д.І. Мазоренко, Ю.І. Ковтун, С.О. Харченко // Вісник ХНТУСГ, вип. 93., Т.1 — Харків: 2010. — С. 5-11.
2. Ковтун Ю.І. Система якості “поле-машина” з основними агрокваліметрії / Ю.І. Ковтун — Харків: ПНВП Промпроект, 2007. - 140 с.
3. Ковтун Ю.І. Рівністика: Видання друге, виправлене, уточнене і доповнене / Ю.І. Ковтун. - Харків: КП Міська друкарня, 2010. - 184 с.
4. Мазоренко Д.І. Методологія оцінки рівня техніки при розробці технологічної блочно-варіантної системи машиновикористання в землеробстві / Д.І. Мазоренко, С.О. Харченко, Ю.І. Ковтун, О.І. Анікеев // Вісник ХНТУСГ, вип. 103 — Харків: 2010. — С. 5-1.
5. Каталог насінневих продуктів, засобів захисту рослин, добрив та мікродобрив// Amako Group of Companies, 2009. – 83 с.

Аннотація

ПРОБЛЕМА ЭФФЕКТИВНОГО МАШИНОИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ЗЕМЛЕДЕЛИИ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УРОВНЯХ ХОЗЯЙСТВ

Ковтун Ю.И., Харченко С.А.

В статье приведены методические подходы по разработке блочно-вариантной системы машиноиспользования в земледелии в зависимости от технологических уровней хозяйств на примере районов Степной и Лесостепной агроклиматических зон Украины.

Abstract

A PROBLEM OF EFFECTIVE CARUSED IS IN AGRICULTURE AT THE DIFFERENT TECHNOLOGICAL LEVELS OF ECONOMY

Y. Kovtun, S. Kharchenko

In the article cited data on development of methodical approaches of the block-variant system of caroused depending on the technological levels of economies on the example of Steppe and Forest-steppe of agro-climatic zones of Ukraine.

ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ІНФОРМАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ

Лютинський В.Л., к.т.н., доц., Харченко С.О., к.т.н., доц.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства
імені Петра Василенка*

Розглянуто сучасний стан та тенденції розвитку інформаційного забезпечення життєвого циклу с.-г. продукції від виробництва до реалізації.

Постановка проблеми. Одним із завдань виробництва сільськогосподарської (с.-г.) продукції, як і будь-якого виробництва, безумовно є отримання найбільш можливого прибутку. Від постановки мети і до її досягнення необхідно виконати певні дії – процеси або функції. Послідовність дій – процесів складається у життєвий цикл. Життєвий цикл від виробництва до реалізації с.-г. продукції, зокрема, продукції рослинництва, за правило триває біля року – від урожаю до урожаю. На ефективність с.-г. виробництва впливає багато чинників – від випадкових погодних до керованих технологічних. Неякісне і несвоєчасне виконання механізованих робіт обумовлює недобір і втрати значної частки врожаю.

Для підвищення ефективності с.-г. виробництва необхідно впроваджувати сучасні методи стратегічного й оперативного управління, що потребує використання відповідного інформаційного (програмно-технічного) забезпечення. Вимоги до програмно – технічного забезпечення визначаються комплексом функцій, які необхідно виконати для досягнення мети. Наочно комплекс згаданих функцій можна представити функціональною моделлю [1], (див. рис.1).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вимоги до матеріально-технічного та метрологічного забезпечення технологічного налаштування сільськогосподарських машин наведені в [2]. Вимоги до матеріально-технічного та метрологічного забезпечення моніторингу стану та властивостей ґрунту наведено в [3]. Але вони не є повними і потребують доповнення відповідно до сучасних умов. Тому прокоментуємо функціональну модель, що представлена на рис.1.

Виконання першої групи функцій (1.1 - 1.3) потребує для роботи засоби масової інформації (ЗМІ), електронні обчислювальні машини (ЕОМ), засоби зв'язку. При цьому, в основному достатньо універсального програмного забезпечення.

Для виконання функції 2.1 – масових вимірювань (моніторингу) характеристик полів та ґрунту – необхідний сучасний автоматизований вимірювальний комплекс на базі програмованої мікропроцесорної техніки з координатною прив'язкою до місцевості. Автоматизований вимірювальний

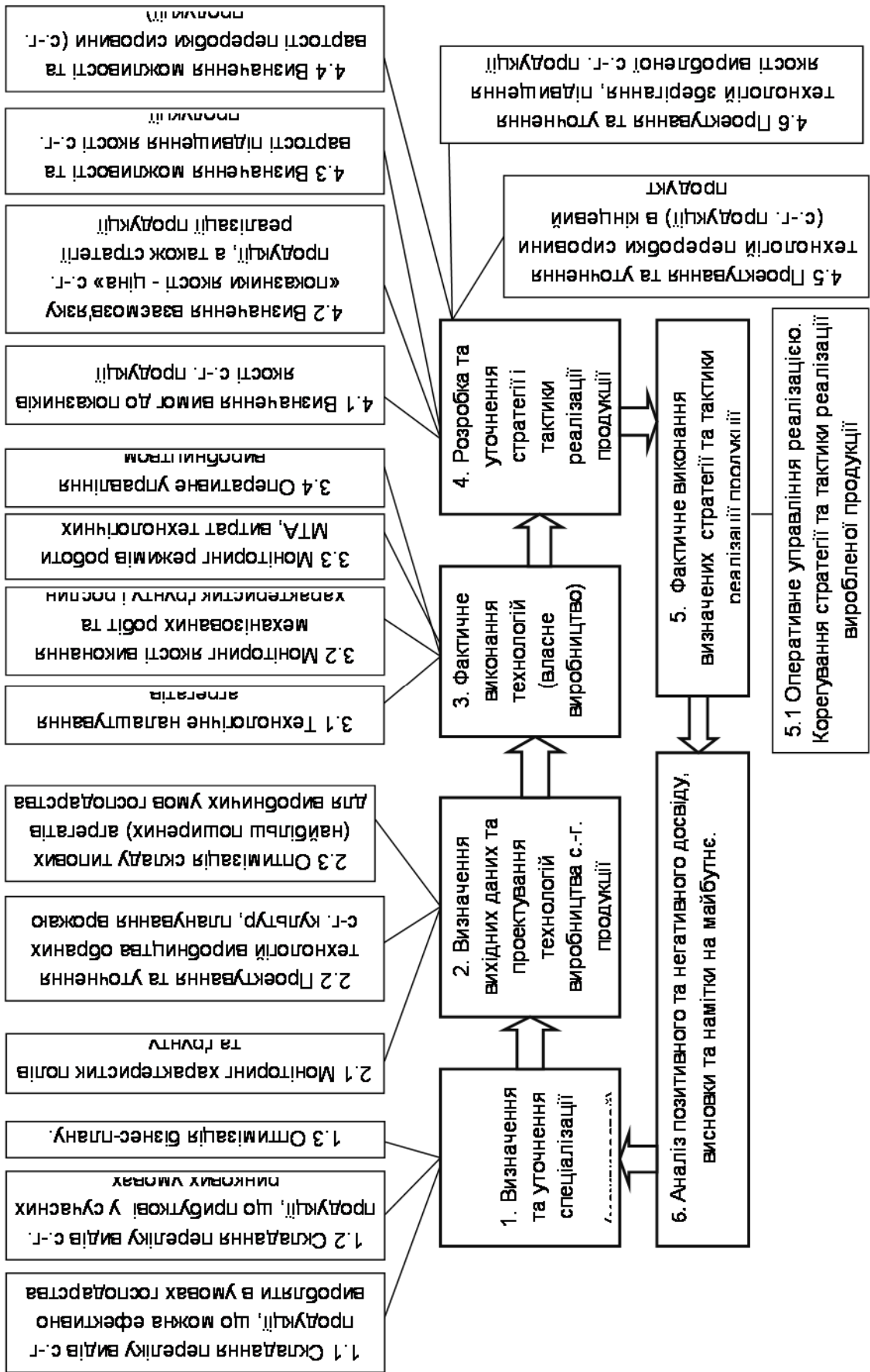


Рис.1 – Життєвий цикл с.-г. продукції

комплекс повинен, по-перше, виконувати вимірювання показників агрономічної характеристики поля, по-друге, запам'ятовувати результати вимірювання з подальшим автоматичним введенням в комп'ютер. Такі автоматизовані вимірювальні комплекси вже починають застосовуватись і в передових господарствах України [4], [5], [6], [7], безумовно за ними майбутнє.

Виконання функції 2.2 - проектування та уточнення технологій виробництва обраних с-г. культур - для зменшення об'єму рутинної роботи можна виконувати на комп'ютері із застосуванням універсального програмного забезпечення із стандартного комплексу MS Office: Excel, Access, Word. Але при цьому залишаються труднощі інформаційного, нормативного забезпечення процесу проектування та великий обсяг інформації, що вводиться з клавіатури. Тому більш ефективно застосування спеціалізованого комп'ютерного автоматизованого робочого місця (АРМ).

З масовим розповсюдженням обчислювальної техніки, розробкою і впровадженням універсальних засобів автоматизації програмування (MS Excel, MathCAD і т.п.) у інженерів й управлінців з'явилась можливість самостійного розв'язання багатьох виробничих задач. Нарешті, в стандартному комплекті MS Office з'явилися й активно завойовують популярність додатки MS Project [8] і MS Office Visio [9].

Зокрема, MS Project 2007 дає можливість, заповнивши електронну таблицю, автоматично (програмно) побудувати лінійну діаграму (діаграму Ганта) проекту – приміром, виконання комплексу механізованих робіт у господарстві; розклад і мережевий графік виконання робіт. Крім того, за запитом можна побудувати діаграму використання будь-яких ресурсів, приміром, тракторів. Строки виконання робіт можуть мати в тому числі і випадковий характер. Таку ж задачу але з обмеженою функціональністю можна розв'язувати і засобами MS Office Visio.

Слід згадати і спеціалізовані програмні продукти AGRO-NET [4] і ГИС-програму FARM WORKS [5]. Вони, по-перше, призначені для зв'язку сервера з мобільними агрегатами і об'єктами. По-друге ж, одною із функцій програми AGRO-NET є робота з технологічною документацією. Безумовно, за формою вона відрізняється від традиційних технологічних карт, але це не повинно стримувати впровадження сучасних інформаційних технологій. Розробляти власні АРМ під традиційну форму технологічних карт на думку авторів не доцільно.

Виконання функції 2.3 – оптимізація складу типових (найбільш поширених) агрегатів для виробничих умов господарства - для зменшення рутинної роботи теж можна виконувати на комп'ютері із застосуванням універсального програмного забезпечення Excel, MathCAD і т.п. Але виконання масових розрахунків із застосуванням універсального програмного забезпечення потребує введення з клавіатури великого обсягу вихідних (і довідкових у тому числі) даних. Тому більш ефективно застосування спеціалізованого АРМ.

Слід зауважити, що програмні продукти MS Project, MS Office Visio не мають достатньо розвинених засобів для функціонально-вартісного

проектування й аналізу. Тому доцільно в практику управління с.-г. виробництвом впровадити спеціалізований п/п високого професійного рівня Allfusion [10], [11].

В середовищі Allfusion можна створювати і співставляти альтернативні варіанти функціональних моделей системи, що досліджується, у нотаціях (методологіях) IDEF0 і IDEF3.

IDEF0 — Function Modeling — методологія функціонального моделювання і графічної нотації, що призначена для формалізації й описання бізнес-процесів. Особливість IDEF0 - акцент на підпорядкованість об'єктів. Дана модель є одною із самих прогресивних моделей й використовується при організації бізнес-проектів і проектів, що базуються на моделюванні всіх процесів як адміністративних, так і організаційних.

IDEF3 — методологія моделювання і стандарт документування процесів, що відбуваються в системі. Метод документування технологічних процесів є механізмом документування і збору інформації про процеси. IDEF3 показує причино-наслідкові зв'язки між ситуаціями і подіями в зрозумілій експерту формі, що застосовує структурний метод подання знань про те, як функціонує система, процес або підприємство.

Ефективність застосування функціонально-вартісного моделювання вже не потребує доведення. Ефективним воно буде і в с.-г. галузі.

Функція 3.1 – технологічна наладка агрегатів виконується, за правило, на спеціалізованому розміченому певним чином майданчику [2]. Типовий перелік комплексу пристосувань та вимірювальних засобів містить: різноманітні підкладки, рулетки, лінійки, кутомір, нескладні прилади, динамометри, шаблони плоскі та слюсарний набір інструментів. Наведений перелік свідчить, що технологічна наладка проводиться відносно простими засобами і, так як, сільгоспмашини переналагоджуються не масово, тобто 1-3 рази на сезон, ці засоби не потребують докорінного і принципового удосконалення. Вони повинні бути зручними і надійними у використанні, тобто треба вдосконалювати в основному їх ергономічні властивості.

Особливе значення має виконання функції 3.2 - моніторингу якості виконання механізованих робіт, характеристик та стану ґрунту і рослин. Подібно до другої функції, вимірювання, по-перше, повинні бути "прив'язаними" до певних координат на місцевості, по-друге, повинні виконуватись масово. А це значить, що для цього необхідний сучасний автоматизований вимірювальний комплекс на базі програмованої мікропроцесорної техніки з координатною прив'язкою до місцевості. Автоматизований вимірювальний комплекс повинен, по-перше, виконувати вимірювання низки показників агрономічної характеристики ґрунту і рослин, по-друге, фіксувати у пам'яті результати вимірювання з подальшим автоматичним введенням в комп'ютер [4, 5, 6, 7].

Повна характеристика поля, як відомо, містить дві групи даних. Дані першої групи змінюються відносно рідко – так звані умовно постійні дані. До них можна віднести такі: площа поля, карта поля та під'їзні шляхи, тип ґрунту, питомий опір ґрунту, група норм виробітку на механізовані роботи на поточний

рік, вміст у ґрунті гумусу, дати (середньо-багаторічні) строки настання: фізичної стиглості ґрунту, весняної вегетації озимих, настання температури ґрунту для сівби планової культури, стійкість ґрунту проти ерозії водної та вітрової, назва попередньої культури, планова врожайність основної та побічної продукції; за яким підрозділом господарства закріплено – всього 14 показників.

Дані другої групи змінюються доволі часто або постійно. До цієї групи даних можна віднести наступні: вміст у ґрунті азоту; фосфору, калію; забур'яненість поля всього і по видах бур'янів. Загалом – понад 8 показників.

Для виконання кожної функції необхідні методи та технічні засоби, зокрема, вимірювальні: загального призначення, агрономічні та інженерно-агрономічні [3]. Слід наголосити, що на даний час вітчизняні вимірювальні засоби застарілі і потребують принципового і докорінного удосконалення.

Загальноновживані статистичні характеристики агрокваліметричних показників [3, 12, 13]: середня величина, середньоквадратичне відхилення, помилка вибіркової середньої та помилка частки, коефіцієнт варіації, різниці між середніми та помилка різниці, відносна помилка.

Із приведеного переліку видно, що для визначення статистичних характеристик числових значень агрокваліметричних показників цілком достатньо функціональних можливостей базових комплексів П/П Statistica та SPSS. Але для виключення ручної роботи вони повинні бути вмонтовані в спеціалізоване АРМ.

Виконання функції 3.3 – моніторинг режимів роботи машинно-тракторних агрегатів (МТА), витрат технологічних матеріалів та пального - теж потребує впровадження на енергозасобах та МТА сучасних спеціалізованих автоматизованих вимірювальних комплексів на базі програмованої мікропроцесорної техніки з координатною прив'язкою до місцевості. Моніторинг режимів роботи МТА дасть можливість більш гнучко і свідомо управляти режимами роботи і наближати їх до оптимальних значень, а також знати фактичні витрати і більш раціонально витратити технологічні матеріали і робочий час [4, 5, 6, 7].

Ефективне виконання функції 3.4 – оперативне управління виробництвом – потребує, по-перше, застосування спеціалізованого АРМ (ведення технологічних карт, побудова плану механізованих робіт на заданий період, ведення та друкування виробничої та технологічної документації, вирішення комплексу задач оптимізації виробничих процесів і т.п.), по-друге, застосування комплексу засобів вимірювання (обсяг фактично виконаної роботи, фактичні витрати технологічних матеріалів і т.п.). На даний час АРМ фактично відсутній, вітчизняні вимірювальні засоби занадто застарілі. Але сучасна закордонна складна с.-г. техніка вже має всі необхідні технічні і програмні засоби [4, 5, 6, 7].

Виконанням третьої функції у життєвому циклі завершується збиранням врожаю (продукції рослинництва). Виконання наступних функцій – збирання, аналіз інформації та прийняття рішення щодо шляхів найбільш ефективної реалізації виробленої продукції. При цьому можливі такі варіанти:

- реалізація продукції безпосередньо після збирання (тобто реалізація

сировини за найменшою ціною);

- зберігання та внутрішнє споживання для виробництва іншої продукції (відкладена реалізація з надією на більші прибутки);
- підвищення якості продукції, зберігання і подальша реалізація за більшою ціною;
- глибока переробка до кінцевого продукту і реалізація без посередників.

Для визначення вимог до показників якості с.-г. продукції (функція 4.1) необхідне застосування діючих нормативних документів, ЗМІ, засобів оперативного зв'язку, ЕОМ, Internet, ЛЕОНОРМ і т.п. і відповідного універсального програмного забезпечення: Internet-Explorer, Excel, ACCESS і т.п.

Визначення взаємозв'язку «показники якості - ціна» с.-г. продукції, а також стратегії реалізації продукції (функція 4.2) вимагає застосування ЗМІ, ЕОМ, Internet і т.п. Для обґрунтування прийняття рішення цілком прийнятно використання універсального програмного забезпечення Excel, MathCAD і т.п.

Визначення можливих технологічних варіантів та вартості підвищення якості с.-г. продукції (функція 4.3) вимагає застосування ЕОМ, можливе застосування універсального Excel, MathCAD і т.п. Але більш ефективно – це застосування спеціалізованого АРМ.

Визначення можливих технологічних варіантів та вартості переробки сировини (с.-г. продукції) в кінцевий продукт (функція 4.4) також вимагає застосування ЕОМ, можливе застосування універсального Excel, MathCAD. Але і в даному випадку більш ефективно застосування спеціалізованого АРМ.

Для проектування та уточнення технологій зберігання, підвищення якості та глибокої переробки виробленої с.-г. продукції (функції 4.5 та 4.6) також необхідне застосування ЕОМ. Універсальне програмне забезпечення AutoCAD, Excel, Access, Word і т.п. малоефективно, для ефективної роботи потрібне спеціалізоване АРМ.

Для виконання функції 5.1- уточнення стратегії та тактики реалізації виробленої продукції, а також для оперативного управління реалізацією виробленої продукції потрібні ЗМІ, засоби зв'язку, ЕОМ, Internet і т.п. Для роботи достатньо універсального програмного забезпечення - Excel, Access, Word, Internet -Explorer.

Нарешті, для виконання шостої функції - аналіз позитивного та негативного досвіду, висновки та намітки на майбутнє - необхідне застосування ЕОМ, універсального Excel, MathCAD і т.п. Але, знов-таки, більш ефективно застосування спеціалізованого АРМ.

Висновки. Для підвищення ефективності с.-г. виробництва конче необхідно:

- 1) Впроваджувати сучасні методи стратегічного й оперативного управління та забезпечення якості механізованих робіт, що потребує використання відповідного програмно-технічного забезпечення.
- 2) Впроваджувати спеціалізовані автоматизовані вимірювально-реєструючі комплекси на базі програмованої мікропроцесорної техніки з

координатною прив'язкою до місцевості з можливістю подальшого автоматизованого введення інформації в комп'ютер;

3) Терміново розробити і впровадити комплекс спеціалізованих робочих місць для провідних фахівців с.-г. виробництва, так як застосування універсального програмного забезпечення хоч і корисне для вирішення окремих задач, але у виробничих умовах не ефективне;

4) Інформатизація сільськогосподарського виробництва – невід'ємна складова його реформування, нормального й ефективного функціонування, тому що для прийняття обґрунтованих інженерних і управлінських рішень потрібна більш повна інформація.

Список використаних джерел

1. Пастухов В.І. Програмно-технічне забезпечення життєвого циклу сільськогосподарської продукції [Текст] / В.І. Пастухов, В.Л.Лютинський // Вісник Харківського національного технічного університету сільськогосподарства ім. Петра Василенка. Випуск 75. Механізація сільськогосподарського виробництва Том 2. Харків 2008. – ст. 158 - 163
2. Антонишин Р.З. Практическое руководство по технологической наладке сельскохозяйственной техники: Подготовка почвы, сев и уход за посевами [Текст] / Р.З. Антонишин, под ред. В.И. Полонца. – Урожай, 1987. - 224с.
3. Ковтун Ю.І. Агротехнічна діагностика [Текст] / Ю.І. Ковтун, за ред. Д.І. Мазоренка, Ю.І. Ковтуна.-, Харків, РВП “Оригінал“.- 2000. - 320с.
4. Інноваційні технології в сільському господарстві [Електронний ресурс].– Режим доступу: [www. URL: http://www.agroit.com.ua](http://www.agroit.com.ua) / 5.10.2010.
5. Технологии точного земледелия [Електронний ресурс].– Режим доступу: [www. URL: http://www.agriland.ua/](http://www.agriland.ua/) 5.10.2010.
6. Кравчук В. Інтегрована система керованого землеробства – необхідний засіб новітніх технологій [Текст]/ В. Кравчук//Техніка і технології АПК.- Науково-виробничий журнал.- №1, 2009. – с. 27-30.
7. АгроНова [Електронний ресурс].– Режим доступу: [www. URL: http://www.claas-telematics.com](http://www.claas-telematics.com) /5.10.2010
8. Сингаевская Г.И. Управление проектами в Microsoft Project 2007 [Текст] / Г.И. Сингаевская.- М.-С-Пб-К., 2008 – 792 с.
9. Лемке Джуди Microsoft Office Visio 2007. Шаг за шагом [Текст] / Джуди Лемке. – М.: ЭКОМ, 2008.- 366 с.
10. Дубейковский В.И. Эффективное моделирование с AllFusion Process Modeller (ВРwin) [Текст] / В.И. Дубейковский.- М.: ДиалогМИФИ, 2007.- 383 с.
11. Информационные технологи Россия [Електронний ресурс].– Режим доступу: [www. URL: http://www.interface.ru](http://www.interface.ru) /5.10.2010.
12. Боровиков В. Statistica, Искусство анализа данных на компьютере. Для профессионалов. [Текст]/В. Боровиков.- 2-е изд. – СПб, Питер, 2003, - 688 с.
13. Царенко О.М. Комп'ютерні методи в сільському господарстві та біології,

[Текст] / О.М. Царенко.- Суми: – Університетська книга, 2000. – 200с.

Аннотация

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ

Лютынский В.Л., Харченко С.А.

Рассматривается современное состояние и тенденции развития информационного обеспечения жизненного цикла производства и реализации с.-х. продукции.

Abstract

PROGRESS OF INFORMATIVE PROVIDING OF LIFE CYCLE OF AGRICULTURAL PRODUCE TRENDS

V. Lytynskiy, S. Kharchenko

The modern state and progress of the informative providing of life cycle of production and realization of products of agriculture trends is examined.

УДК 631.5

ЗАЛЕЖНІСТЬ МАШИНОВИКОРИСТАННЯ В ЗЕМЛЕРОБСТВІ ВІД ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІВНІВ ГОСПОДАРСТВ НА ПРИКЛАДІ БАЛАКЛІЙСЬКОГО РАЙОНУ ХАРКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

**Ковтун Ю.І., д.с-г.н., акад. ІАУ, Чигрин А.Г., к.т.н., доц.,
Анікєєв О.І., к.т.н., доц., Калюжний О.Д., к.т.н., доц.**

*Харківський національний технічний університет сільського господарства
імені Петра Василенка*

В статті викладено результати дослідження технологічних рівнів господарств з аналізом машиновикористання в них у Балаклійському районі Харківської області.

Стан питання і проблема. В сучасному сільському господарстві має місце велике розмаїття господарств за економічними формами і рівнями посівних площ і врожайності. Відповідно і різні рівні машиновикористання, як застарілої і нової вітчизняної та зарубіжної техніки: тракторів, землеробних знарядь, машин для внесення добрив, сівалок, оприскувачів, обпилювачів, збиральної і транспортної техніки. Як свідчать показники врожайності, наприклад провідних зернових культур (від 10 до 40 ц/га), використання техніки знаходиться на не завжди достатньому рівні ефективності. Величина площ посіву коливається від кількох десятків гектар до кількох тисяч. [1]

При цьому застосування типових ефективних технологій для підвищення рівня врожайності в більшості господарств не прийнятна. Тому постійно існує

проблема розробки технологічної блочно-варіантної системи машиновикористання в землеробстві для забезпечення ефективного вибору техніки в залежності від технологічного рівня того чи іншого господарства. [2]

На першому етапі вирішення названої проблеми постала необхідність дослідити технологічні рівні господарств аналізом техніки, яка в них застосовується на прикладі одного із районів Харківщини, типовому для Степової агрокліматичної зони.

Методи дослідження. На основі розробленої та випробуваної методики визначення технологічних рівнів бурякосіючих господарств в минулому столітті, та базуючись на сучасній теорії рівнів [2], відповідно до проекту розробки перспективної технологічної блочно-варіантної системи машиновикористання, була розроблена сучасна методика дослідження технологічних рівнів господарств за даними статистики (форма 29 с-г) по врожайності провідних сільгоспкультур, якими є зернові, і по площі їх посіву. Рівні врожайності розглядаються як рівні агротехніки і якості механізованих робіт, а площі як рівні застосування техніки.

Відповідно було визначено оцінку в балах технологічних рівнів господарств: - низький технологічний рівень (1 - 4 бали) – це господарство з низькою врожайністю на малих, середніх і великих площах посіву і при середній врожайності на меншій площі;

- середній технологічний рівень (5 – 7 балів) – це господарства із середньою врожайністю на середніх і великих площах. а також із високою врожайністю на малих площах;

- високий технологічний рівень (8 – 9 балів) – це господарства з високою врожайністю на середніх і великих площах.

Із кожної групи рівнів були вибрані господарства для обстеження і аналізу згідно опитувальних листів, в яких передбачалося визначення форми господарювання, площі і врожайності сільськогосподарських культур, наявність техніки за роками її випуску.

Результати дослідження. Всього в Балаклійському районі, вибраному для дослідження, 35 господарств згідно «Списку господарств та підприємств Балаклійського району Харківської області за 2010 рік» Районного управління аграрного розвитку Балаклійської районної державної адміністрації. Цей район, характерний для південно-східної Степової зони Харківщини, розміщені і лівобережні і правобережні річки.. Сіверський Донець, відрізняється рівнинним рельєфом, ґрунти в основному (92%) чорноземи звичайні, опади – 490 мм на рік (один із нижчих показників по області) сума температур вище 10° складає 2800°С (найвища в області), бонітет ґрунтів по зернових культурах складає 63 (трохи вищий від мінімального по області).

В результаті попередніх досліджень, за даними 2008 року, було встановлено що врожайність ранніх зернових по господарствах знаходиться в межах 11...43 ц/га, а площі посівів від 7 га до 5205 га. Розподіливши господарства за 9-бальною шкалою технологічних рівнів (Табл. 1) були вибрані господарства для обстеження. Так як немає дозволу господарств на публікацію їх даних, то аналіз проводився за їх номерами, визначеними по списку.

Таблиця 1 – Кількість господарств за 9-бальною шкалою і по групах технологічних рівнів в Балаклійському районі Харківщини

Межі врожайності ц/га	Низька 11-22			Середня 23-33			Висока 34-43		
Межі площ, га	Малі 7- 1740	Середні 1741- 3473	Великі 3474- 5205						
9-ти бальна шкала	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Кількість господарств (їх співвідношення в %) за 9-ти бальною шкалою	15/43	-	-	12/34	4/11	1/3	2/6	1/3	-
Теж саме за трьома технологічними рівнями	27/77			7/20			1/3		

Для обстеження і аналізу було вибрано одне господарство низького технологічного рівня з оцінкою 1 бал; три господарства середнього рівня з оцінкою 4 і 5 балів; два господарства високого рівня з оцінкою 7 балів.

Всього шість господарств.

За даними обстежень у 2010 році господарств, які представлені у табл.1 видно, що господарство № 18 згідно «Списку господарств та підприємств Балаклійського району...» державної форми власності має загальну площу землі – 2100га. Посівні площі від 7га до 1740га, на яких вирощується озима пшениця (600га) із урожайністю 20ц/га; кукурудза на зерно (100га) - 15ц/га; ячмінь (600га) - 10ц/га; соняшник (540га) - 10ц/га. Енергетичні засоби складаються із 4-х тракторів МТЗ-82. Грунтообробна техніка, сівалки, машини по догляду за посівами і для внесення добрив – вітчизняного виробництва. Техніка для збирання всіх сільськогосподарських культур арендується в інших господарствах.

Господарство відноситься до низького технологічного рівня за межами малих площ землекористування, низької урожайності і низьким рівнем ефективності машиновикористання.

Господарство № 7 згідно «Списку ...» приватної форми власності має загальну площу землі – 3000га. Посівні площі від 7га до 1740га, на яких вирощується озима пшениця (600га) із урожайністю 16ц/га; кукурудза на зерно (600га) - 19ц/га; ячмінь (600га) - 12ц/га; соняшник (600га) - 17ц/га; соя(300га) - 10ц/га; пар (300га). Енергетичні засоби складаються із 7-ми колісних тракторів (Т-150К , МТЗ-82 і МТЗ-80). Грунтообробна техніка, машини по догляду за посівами і для внесення добрив – вітчизняного виробництва. Сівалки (5 шт.) і техніка для збирання всіх сільськогосподарських культур (три комбайни) – іноземного виробництва.

Господарство відноситься до середнього технологічного рівня за межами малих площ землекористування, низької урожайності і середнім рівнем ефективності машиновикористання.

Господарство № 20 згідно «Списку ...» приватної форми власності має загальну площу землі – 2750га. Посівні площі від 7га до 1740га, на яких

вирощується озима пшениця (750га) із урожайністю 30ц/га; кукурудза на зерно (350га) - 17ц/га; ячмінь (500га) - 20ц/га; соняшник (750га) - 18ц/га; овес (50га) - 25 ц/га; пар (350га). Енергетичні засоби складаються із 11-ти колісних тракторів вітчизняного виробництва (К-701, К-700, Т-150К, ХТЗ-121 і МТЗ-80). Грунтообробна техніка, машини по догляду за посівами і для внесення добрив – вітчизняного виробництва. Сівалки (3 шт.) - іноземного виробництва і 2 шт. – вітчизняного. Техніка для збирання сільськогосподарських культур (два комбайни) – іноземного виробництва і один - вітчизняного.

Господарство відноситься до середнього технологічного рівня за межами малих площ землекористування, низької урожайності і середнім рівнем ефективності машиновикористання.

Господарство № 9 згідно «Списку ...» приватної форми власності має загальну площу землі – 5700га. Посівні площі від 1741га до 3473га, на яких вирощується озима пшениця (1200га) із урожайністю 26ц/га; кукурудза на зерно (1000га) - 27ц/га; ячмінь (1300га) - 18ц/га; соняшник (900га) - 6ц/га; кукурудза на силос (800га) - 30ц/га; пар (500га). Енергетичні засоби складаються із чотирьох колісних тракторів іноземного виробництва. Грунтообробна техніка, сівалки, машини для внесення добрив, та техніка для збирання всіх сільськогосподарських культур – іноземного виробництва. Машини по догляду за посівами - вітчизняного виробництва.

Господарство відноситься до середнього технологічного рівня за межами малих площ землекористування, середньої урожайності і середнім рівнем ефективності машиновикористання.

Господарство № 12 згідно «Списку ...» приватної форми власності має загальну площу землі – 4200га. Посівні площі від 7га до 1740га, на яких вирощується озима пшениця (1200га) із урожайністю 28ц/га; кукурудза на зерно (1200га) - 28ц/га; соя (600га) - 12ц/га; рапс (800га) - 10ц/га; пар (500га). Енергетичні засоби складаються із двох колісних тракторів іноземного виробництва і п'яти колісних тракторів вітчизняного виробництва. Грунтообробна техніка, сівалки, та техніка для збирання всіх сільськогосподарських культур – іноземного виробництва. Машини по догляду за посівами і для внесення добрив – вітчизняного виробництва.

Господарство відноситься до високого технологічного рівня за межами малих площ землекористування, середньої урожайності і середнім рівнем ефективності машиновикористання.

Господарство № 19 згідно «Списку ...» приватної форми власності має загальну площу землі – 3925га. Посівні площі від 7га до 1740га, на яких вирощується озима пшениця (600га) із урожайністю 30ц/га; кукурудза на зерно (500га) - 28ц/га; ячмінь (400га) - 16ц/га; соняшник (900га) - 8ц/га; кукурудза на силос (700га) - 32ц/га; пар (825га).. Енергетичні засоби складаються із 7-ми гусеничних і 20-ти колісних тракторів вітчизняного виробництва. Грунтообробна техніка, сівалки, машини по догляду за посівами і для внесення добрив також вітчизняного виробництва. Техніка для збирання всіх сільськогосподарських культур – три комбайни іноземного виробництва. Господарство відноситься до високого технологічного рівня за межами малих

площ землекористування, середньої урожайності і високим рівнем ефективності машиновикористання.

Висновки:

1. Проведений аналіз господарств Балаклійського району Харківської області показав, що ці господарства розділяються на три технологічні рівні: низький, середній та високий у відсотках відповідно 77 : 20 : 3.
2. По загальній площі обстежені господарства досить різноманітні: займають площі від 2100 га до 5700 га. Найбільші площі в господарствах займає озима пшениця, кукурудза на зерно та соняшник.
3. Господарства різних технологічних рівнів забезпечені тракторами різної потужності для виконання необхідних технологічних операцій по виробництву с.-г. культур.
4. Особливістю при обстеженні є досить широке використання потужних (300-400 к.с.) закордонних тракторів, які агрегуються з закордонними широкозахватними сільськогосподарськими машинами. При цьому, як правило, в цих господарствах вітчизняні агрегати, що є в господарствах не використовуються. Враховуючи низький рівень сервісу закордонних машин, це призводить до значних проблем в відповідальні періоди вирощування с.-г. культур.
5. Вітчизняна ґрунтообробна техніка, а також вітчизняні машини для внесення мінеральних та органічних добрив, як правило знаходяться в експлуатації по 15-20 років.
6. Для сівби зернових застосовуються в основному вітчизняні сівалки досить різних років випуску (2003-2007). Сівалки зарубіжних фірм для сівби кукурудзи на зерно та соняшника використовуються в господарствах різних технологічних рівнів. Різниця при цьому тільки в тому, що в господарствах середнього та високого рівня вони більш різноманітні.
7. Для збирання врожаю в господарствах різних технологічних рівнів використовуються, як вітчизняні комбайни, так і закордонні. При цьому як при збиранні зернових так і технічних культур застосовується досить широко наймана закордонна техніка.
8. Підтвердилась різниця в урожайності між господарствами різних технологічних рівнів. Так, врожайність основної зернової культури озимої пшениці нижча в господарствах низького технологічного рівня (16-20 ц/га), дещо вища середнього (26-30 ц/га).

Список використаних джерел

1. Статистичний щорічник України за 2007 рік [Текст]: Держстандарт України – К.: Консультант, 2008 – 552с.
2. Ковтун Ю.І. Рівністика [Текст] / Ю.І.Ковтун - 2-е вид. виправлене, уточнене і доповнене – Х.: КП Міська друкарня, 2010. – 184с.

Аннотация

ЗАВИСИМОСТЬ МАШИНОИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ЗЕМЛЕДЕЛИИ ОТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УРОВНЕЙ ХОЗЯЙСТВ НА ПРИМЕРЕ БАЛАКЛЕЕВСКОГО РАЙОНА ХАРЬКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Ковтун Ю.И., Чигрин А.Г., Аникеев А.И., Калюжный А.Д.

В статье изложены результаты исследований технологических уровней хозяйств с анализом машиноиспользования в них в Балаклевском районе Харьковской области.

Abstract

THE DEPENDENCE OF CARS USING IN AGRICULTURE FROM TECHNOLOGICAL LEVELS OF ECONOMY ON AN EXAMPLE OF BALAKLEEVSKY AREA OF THE KHARKOV AREA

Y.Kovtun, A.Chygryn, A.Anikeev, A.Kalyuzhniy

The article is devoted results of researches of technological levels of economy with the analysis of use of cars in them in Balakleevsky area of the Kharkov area are stated

УДК 631.333

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РУХУ ЧАСТИНКИ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ ПІСЛЯ СХОДЖЕННЯ З ДИСКА ВІДЦЕНТРОВОГО РОЗКИДАЧА ПРИ НАЯВНОСТІ ЗМІННОГО АЕРОДИНАМІЧНОГО ОПОРУ СЕРЕДОВИЩА (ПОВІТРЯ)

**Ловейкін В.С., д.т.н., проф., Човнюк Ю.В., к.т.н., проф.,
Дитюк А.І., здобувач**

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Встановлена математична модель руху частинки мінеральних добрив після сходження з диска відцентрового розкидача при наявності змінного аеродинамічного опору.

Постановка проблеми. Для розширення функціональних можливостей машин для внесення мінеральних добрив і покращення показників ефективності їх внесення необхідно провести спеціальні дослідження, зокрема, розробити математичні моделі і на їх основі отримати залежності, які описують закономірності процесів щодо загальних і часткових випадків руху мінеральних добрив від лопатки розкидального органу до поверхні поля по оптимальній траєкторії при наявності змінного аеродинамічного опору середовища (повітря).

Після сходження частинки добрив з лопатки диска подальший її рух

відбувається під дією сили ваги $Q = mg$ (де m – маса частки, g – прискорення вільного падіння) і сили опору середовища (повітря). Остання сила вносить у траєкторію руху частинки суттєві коригування. Для підвищення продуктивності машин, які призначені для внесення у ґрунт мінеральних добрив, необхідно в першу чергу розробити адекватну математичну модель руху у середовищі (повітрі) частинок добрив. При цьому бажано врахувати якомога точніше вплив на вказаний рух аеродинамічного опору і, зокрема, його змінність у часі.

Огляд літератури по темі дослідження. Рух частки мінеральних добрив після сходження її з диску відцентрового розкидача в середовищі з опором (повітрі) детально розглянуті у роботах [1-3]. Проте автори цих робіт не враховують у своїх дослідженнях змінних властивостей аеродинамічного опору середовища, які відбуваються з плином часу (t). Саме ця обставина буде врахована і досліджена у даній роботі.

Мета роботи полягає у встановленні основних закономірностей руху частинок мінеральних добрив після їх сходження з диску відцентрового розкидача при наявності змінного аеродинамічного опору середовища (повітря). При цьому буде використаний підхід роботи [4] у межах моделі динаміки руху матеріальної точки.

Виклад основного змісту дослідження. Нижче у рамках динаміки матеріальної точки пропонується математичний опис польоту часточки мінеральних добрив після її сходження з диску відцентрового розкидача із врахуванням змінного аеродинамічного опору середовища (повітря).

При використанні традиційного підходу [4] до постановки задачі динаміки матеріальної точки маємо наступну систему диференціальних рівнянь:

$$m\ddot{x} = -kx^2, \quad m\ddot{y} = -mg, \quad (1)$$

де: m – маса, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$, $(\dot{}) = \frac{d}{dt}$, $(\ddot{}) = \frac{d^2}{dt^2}$;

x та y – координати центру маси часточки, які відраховуються відповідно у горизонтальному та вертикальному напрямках;

k – коефіцієнт аеродинамічного опору, відносно якого припускаємо те, що він залежить від часу (t), тобто:

$$k = k(t). \quad (2)$$

Позначимо:

$$\gamma = \gamma(t) = \frac{kt}{m}. \quad (3)$$

тоді рівняння (1) приймуть вид:

$$\ddot{x} = -\gamma x^2, \quad \ddot{y} = -g. \quad (4)$$

Початкові умови наступні (рис. 1):

$$\begin{cases} x(0) = 0; \dot{x}(0) = v \cos \varphi; \\ y(0) = 0; \dot{y}(0) = v \sin \varphi; \end{cases} \quad (5)$$

де: v – швидкість, з якою злітає частка добрив з диска відцентрового розкидача;

φ – початковий кут нахилу траєкторії руху частинки до горизонту.

Інтегрування другого з рівнянь (4) дає:

$$y = y_0 + v \sin \varphi t - \frac{gt^2}{2}. \quad (6)$$

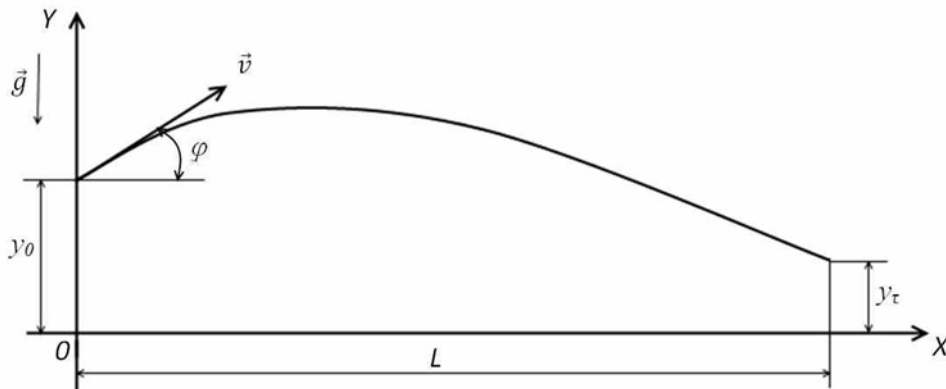


Рис. 1 – Траєкторія руху частки мінеральних добрив після сходження з диска відцентрованого розкидача

Нехай час (тривалість) польоту часточки мінеральних добрив дорівнює τ , тоді:

$$y_\tau = v \sin \varphi \tau + y_0 - \frac{g\tau^2}{2}, \quad (7)$$

звідки випливає:

$$\tau = \frac{1}{g} \left[v \sin \varphi + \sqrt{v^2 \sin^2 \varphi + 2(y_0 - y_\tau)g} \right]. \quad (8)$$

При $y_0 = y_\tau$ (симетрична траєкторія руху частки) маємо відомий результат:

$$\tau = \frac{2v \sin \varphi}{g}. \quad (9)$$

Введемо нову змінну Z за формулою:

$$Z = \dot{x}. \quad (10)$$

Тоді перше з рівнянь (4) прийме вид:

$$\dot{Z} = -\gamma(t)Z^2. \quad (11)$$

При початковій умові:

$$Z(0) = v \cos \varphi, \quad (12)$$

інтеграл рівняння (11) буде:

$$Z = \frac{1}{\int_0^t \gamma(t') dt' + \frac{1}{v \cos \varphi}}. \quad (13)$$

Враховуючи формулу (10), далі отримуємо:

$$X(t) = \int_0^t \frac{dt'}{\int_0^t \gamma(t'') dt'' + \frac{1}{v \cos \varphi}}. \quad (14)$$

Для дальності польоту частки L знайдемо:

$$L = \int_0^t \frac{dt'}{\int_0^t \gamma(t'') dt'' + \frac{1}{v \cos \varphi}}. \quad (15)$$

Якщо знехтувати аеродинамічним опором, то з формули (15) знайдемо:

$$L = v \cos \varphi \tau = \frac{v \cos \varphi}{g} \left[v \sin \varphi + \sqrt{v^2 \sin^2 \varphi + 2(y_0 - y_\tau)g} \right]. \quad (16)$$

При $y_0 = y_\tau$ маємо відоме співвідношення:

$$L = \frac{v_0^2 \sin 2\varphi}{g}, \quad v = v_0. \quad (17)$$

Якщо $(y_0 - y_\tau) = H$, де H – висота диску відцентрового розкидача над поверхнею ґрунту, тоді:

$$L = v \cos \varphi \tau = \frac{v \cos \varphi}{g} \left[v \sin \varphi + \sqrt{v^2 \sin^2 \varphi + 2gH} \right]. \quad (18)$$

Прийmemo для функції $\gamma(t)$ апроксимуючий вираз:

$$\gamma(t) = b - 2at \geq 0,$$

де: a та b – невід’ємні константи, що визначається статистичною обробкою експериментів.

Крім того, зазначаємо:

$$C = \frac{1}{\cos \varphi}. \quad (20)$$

тоді отримаємо [5]:

$$L = \int_0^t \frac{dt}{c + bt - at^2} = \frac{1}{\sqrt{b^2 + 4ac}} \ln \left| \frac{(b - \sqrt{b^2 + 4ac} - 2at)(b + \sqrt{b^2 + 4ac})}{(b + \sqrt{b^2 + 4ac})(b - \sqrt{b^2 + 4ac})} \right|. \quad (21)$$

Розглянемо частковий випадок:

$$b = 2at. \quad (22)$$

тоді умова $\gamma(t) \geq 0$ виконується, оскільки $\tau \geq t$.

Вносячи формулу (22) у вираз (21), отримуємо:

$$L = \frac{1}{2\sqrt{a^2\tau^2 + ac}} \ln \left| \frac{a\tau + \sqrt{a^2\tau^2 + ac}}{a\tau - \sqrt{a^2\tau^2 + ac}} \right|. \quad (23)$$

Розглянемо граничний перехід при $a \rightarrow 0$. При цьому маємо:

$$\ln \left| \frac{a\tau + \sqrt{a^2\tau^2 + ac}}{a\tau - \sqrt{a^2\tau^2 + ac}} \right| = \ln \left| \frac{1 + \sqrt{1 + \frac{c}{a\tau^2}}}{1 - \sqrt{1 + \frac{c}{a\tau^2}}} \right| = 2 \left[\left(1 + \frac{c}{a\tau^2}\right)^{-1/2} + \frac{1}{3} \left(1 + \frac{c}{a\tau^2}\right)^{-2/3} + \dots \right]. \quad (24)$$

Тому:

$$\lim_{a \rightarrow 0} L = \lim_{a \rightarrow 0} \frac{1}{\left\{ a\tau \left(1 + \frac{c}{a\tau^2}\right) \right\}} = \frac{\tau}{c} = v \cos \varphi \tau, \quad (25)$$

що співпадає з отриманими раніше результатами.

У таблиці 1 подані результати розрахунку L для різних значень τ і c при $a = 0,01(i c)^{-1}$, за умови (22).

Таблиця 1 – Значення L для різних τ і c

$v \begin{cases} \sin \varphi \\ \cos \varphi \end{cases}, i/c$	$c, c/i$	τ, c	L, m
10	0,1	2	15,96
25	0,04	5	30,17
50	0,02	10	26,25

Аналіз даних таблиці 1 показує, що при $c\tau = const = 0,2$ для L існує максимум, який можна, використовуючи (23), (24), визначити з умови $\left(a = 0,01 \frac{1}{i c}\right)$:

$$\tau^* = \sqrt[3]{5e} \approx 4,65c. \quad (26)$$

Для $\tau^* = 4,65c \div c^* = 0,043 \frac{c}{i}$; $L_{\max}^* \approx 30,38i$.

Висновки:

1. Створена математична модель руху часточки мінеральних добрив після її сходження з диску відцентрового розкидача при наявності змінного аеродинамічного опору середовища (повітря) і встановлені основні закономірності вказаного руху.
2. Встановлено, що при $c\tau = const = 0,2$ залежність $L = L(\tau)$ (при $a = 0,01(mc)^{-1}$) має характерний максимум: $L_{\max}(\tau = 4,65c) \approx 30,4i$.
3. Отримані в роботі результати мають у подальшому слугувати для уточнення і вдосконалення існуючих методів інженерних розрахунків відцентрових розкидачів мінеральних добрив.

Список використаних джерел

1. Заика П.М., Мельник В.И., Анিকেев А.И. Свободное движение материальной точки в спокойной изотропной газообразной среде// Вестник Харьковского государственного технического университета «Харьковский политехнический институт». Динамика и прочность машин. – 2001.– Вып. 25.
2. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. Том 1 (ч. 3). Машини для приготування і внесення добрив. – Харків: Око, 2002. – 352с.
3. Методические указания к изучению расчетного курса лекций «Сельскохозяйственные и мелиоративные машины». Избранные задачи земледельческой механики. Тема 8. Движение обрабатываемого материала в сопротивляющей среде. Вып. 1. Составитель Заика П.М. – Харьков: ХИМЭСХ, 1991. – 62с.
4. Халфман Р.Л. Динамика. – М.: Наука, 1972. – 568с.
5. Двайт Г.Б. Таблицы интегралов и другие математические формулы. – М.: Наука, 1973. – 228с.

Аннотация

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ЧАСТИЦЫ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ПРИ СХОЖДЕНИИ С ДИСКА ЦЕНТРОБЕЖНОГО РАЗБРАСЫВАТЕЛЯ В УСЛОВИЯХ АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ СРЕДЫ

Ловеikin В.С., Човнюк Ю.В., Дитюк А.И.

Установлена математическая модель движения частицы минеральных удобрений при схождении с диска центробежного разбрасывателя в условиях аэродинамического сопротивления среды.

Abstract

MATHEMATICAL SIMULATION OF THE PARTICLE MOTION OF THE MINERAL FERTILIZERS OF THE SURFACE OF THE REVOLVING DISK

V. Loveykin, Y. Chovnyuk, A. Dityuk

We defined the mathematical model of mineral fertilizers part movement surface of rotating disk of outward spreader of hard mineral fertilizers. It optimize the mechanic-technological process of mineral fertilizers dispersion.

МОДЕЛЬ РОЗСІВАННЯ ГРАНУЛ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ ПІСЛЯ СХОДЖЕННЯ З ДИСКА ВІДЦЕНТРОВОГО РОЗКИДАЧА ПРИ ДІЇ ВІТРУ

Ловейкін В.С., д.т.н., проф., Човнюк Ю.В., к.т.н., проф.,
Дитюк А.І., здобувач

Національний університет біоресурсів і природокористування України

У результаті проведених досліджень встановлені основні закономірності руху гранул мінеральних добрив після сходження з поверхні диска відцентрового розкидача з врахуванням дії вітру. Обґрунтована фізична та механіко-технологічна модель руху гранул добрив, як у повітрі, так і по поверхні поля (т.з. модель “фізичної плями”).

Постановка проблеми. Здійснити моделювання внесення мінеральних добрив з урахуванням усіх основних факторів, а саме фізико-механічних властивостей добрив, параметрів їх потоку в момент сходження з диска, висоти установки розкидальних органів над поверхнею поля, рельєфу поля, швидкості та напрямку вітру (дифузії по поверхні ґрунту), вимагає розробки уточнених математичних моделей руху гранул мінеральних добрив, які б враховували ці фактори. Такий інженерний підхід дозволить суттєво підвищити продуктивність відцентрових розкидачів та ефективність роботи в умовах постійно діючої на полях вітрової ерозії.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Основні закономірності руху частинок мінеральних добрив після сходження з диску відцентрового розкидача розглянуті у роботах [1-3]. Проте автори цих робіт, у процесі досліджень, не враховують дію сили вітру при поверхневому розсіванні твердих мінеральних добрив.

Моделі розповсюдження шкідливих речовин внаслідок вітрової ерозії розглянуті в роботах [4-6]. Підходи запропоновані в цих роботах нами будуть використані в подальших дослідженнях для всебічного динамічного аналізу руху частинок мінеральних добрив як у повітрі [4], так і на поверхні поля (модель дифузійної плями) [5,6], під дією сили вітру.

Постановка задачі. Мета цього дослідження – створення адекватної моделі розсівання гранул мінеральних добрив після сходження з диска відцентрового розкидача з врахуванням дії вітру, яка дозволяє встановити основні закономірності руху частинок добрив як у повітрі, так і на поверхні поля (розповсюдження дифузійної плями).

Виклад основного змісту дослідження. Побудуємо модель польоту гранул мінеральних добрив після їх сходження з диску відцентрового розкидача (у горизонтальному, по відношенню до поверхні ґрунту, напрямку) під дією сили вітру, враховуючи їх фізичні та геометричні властивості.

До фізичних властивостей у першу чергу можна віднести густину

частинок ($\rho = 600 \dots 2000 \text{ кг/м}^3$, а основні види мінеральних добрив мають таку об'ємну масу: суперфосфат – $(1,0 \dots 1,2) \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$, аміачна селітра – $(0,8 \dots 1,0) \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$, хлористий калій – $(0,9 \dots 1,0) \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$), а до геометричних – їх розмір (більша частина азотних добрив складається з часток $(0,25 \dots 7,0) \cdot 10^{-3} \text{ м}$, суперфосфату подвійного – $(0,25 \dots 0,5) \cdot 10^{-3} \text{ м}$, суперфосфату порошкоподібного – $(0,25 \dots 1,0) \cdot 10^{-3} \text{ м}$ (більше ніж на 77%), складних добрив – $(0,25 \dots 7,0) \cdot 10^{-3} \text{ м}$, тукосумішей – $(0,25 \dots 7,0) \cdot 10^{-3} \text{ м}$. основна частина порошкоподібного суперфосфату складається із часточок менше $5 \cdot 10^{-4} \text{ м}$ (близько 65%). Такий гранулометричний склад суперфосфату значною мірою знижує його сипкість) [3]. Поставлена наступна задача – розглядати частинки мінеральних добрив діаметром не менше $2,5 \cdot 10^{-4} \text{ м}$. поставлено наступну задачу. Під дією сили вітру (і по інерції після сходження з диску відцентрового розкидача зі швидкістю v_x) починається процес розсівання частинок мінеральних добрив з подальшим осіданням їх на землю/грунт. При цьому на частинку M (рис.1) діють: сила тяжіння, сила опору середовища (повітря) – як у вертикальному так і в горизонтальному напрямках, а також сила вітру (постійна по величині і напрямку – горизонтально до землі та паралельно до \vec{v}_x). Вважаємо, що, крім того, постійно дме вітер у горизонтальному напрямку зі швидкістю руху повітря \vec{v}_e ($\vec{v}_e \parallel \vec{v}_x$). У подальшому розглянемо рух частинок мінеральних добрив у вертикальній площині (тобто вектори $\vec{F}_e, \vec{P} = M\vec{g}$ – ваги, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$, \vec{R} – опору повітря, \vec{v}_e, \vec{v}_x – компланарні). Частинку мінеральних добрив приймаємо за матеріальну точку. Рух – складний, тому розглянемо рух точки окремо у вертикальному і горизонтальному напрямках. Виберемо точку O за початок координат. Вісь Ox направлено горизонтально вправо, а вісь Oy – вертикально вниз.

Диференціальне рівняння руху в проекції на вісь Oy :

$$M \cdot \frac{dv_y}{dt} = P - R_y, \quad (1)$$

де: P – вага матеріальної точки з густиною ρ , R_y – вертикальна складова сили опору повітря.

Далі будемо вважати, що сила опору R_y прямо пропорційна квадрату швидкості руху частинки у вертикальному напрямку ($\sim v_y^2$) і площі проекції частинки на площину, перпендикулярну до напрямку її руху, δ [4]:

$$R_y = K \cdot \delta \cdot v_y^2, \quad (2)$$

де: K – коефіцієнт пропорційності, який залежить від форми частинки, яку вважаємо кулькою із заданим діаметром.

Для кульки, як свідчать експерименти Еліфеля [6], $K = 2,45 \cdot 10^{-1}$, при цьому сила опору $[R_y] = H$, $[\delta] = m^2$, $[v_y^2] = m^2/c$. (зрозуміло, що

$$[K] = \frac{H \cdot c^2}{M^2 \cdot M^2} = \frac{H \cdot c^2}{M^4} = \frac{кг \cdot м \cdot с^2}{м^3}.$$

Аналогічно виглядає залежність R_x , від v_x^2 :

$$R_x = K \cdot \delta \cdot v_x^2. \quad (3)$$

Таким чином, диференціальні рівняння подовж осей Оу та Ох мають наступний вигляд:

- подовж вісі Оу:

$$M \cdot \frac{dv_y}{dt} = P - K \cdot \delta \cdot v_y^2, \quad (4)$$

- подовж вісі Ох:

$$M \cdot \frac{dv_x}{dt} = F_6 - K \cdot \delta \cdot v_x^2. \quad (5)$$

Позначимо $\frac{P}{K \cdot \delta} = c_y^2$, $\frac{F_6}{K \cdot \delta} = c_x^2$, тоді (4) та (5) приймуть вигляд:

$$M \cdot \frac{dv_y}{dt} = P - \frac{P \cdot v_y^2}{c_y^2} \Rightarrow \frac{dv_y}{dt} = \frac{g}{c_y^2} \cdot (c_y^2 - v_y^2), \quad (6)$$

$$M \cdot \frac{dv_x}{dt} = F_6 - \frac{F_6 \cdot v_x^2}{c_x^2} \Rightarrow \frac{dv_x}{dt} = \frac{F_6}{M \cdot c_x^2} \cdot (c_x^2 - v_x^2). \quad (7)$$

Систему рівнянь (6), (7) будемо розв'язувати за наступних початкових умов:

$$v_{y/t=0} = 0; v_{x/t=0} = v_{c_x} + v_6. \quad (8)$$

Розділивши змінні та проінтегрувавши (6), (7), маємо:

$$\begin{cases} \frac{g \cdot t}{c_y^2} = \frac{1}{2c_y} \cdot \ln \left| \frac{c_y + v_y^2}{c_y - v_y^2} \right| + A_1, \\ \frac{F_6 \cdot t}{M \cdot c_x^2} = \frac{1}{2c_x} \cdot \ln \left| \frac{c_x + v_x^2}{c_x - v_x^2} \right| + A_2. \end{cases} \quad (9), (10)$$

У (9) та (10) A_1, A_2 – довільні сталі, які можна знайти при інтегруванні (6), (7) за початкових умов(8). Легко отримати з першої умови (8) $A_1 = 0$, а для A_2 з другої умови (8) матимемо:

$$A_2 = -\frac{1}{2c_x} \cdot \ln \left| \frac{c_x + (v_{c_x} + v_6)^2}{c_x - (v_{c_x} + v_6)^2} \right|, \quad (11)$$

Тоді легко знаходимо:

$$v_y = c_y \cdot th \left\{ \frac{gt}{c_y} \right\}. \quad (12)$$

А для v_x маємо:

$$v_x = c_x^{1/2} \cdot \left[\frac{\alpha \cdot \exp \frac{2F_6 t}{Mc_x} - 1}{\alpha \cdot \exp \frac{2F_6 t}{Mc_x} + 1} \right]^{1/2}, \alpha = \left[\frac{c_x + (v_{c_x} + v_6)^2}{c_x - (v_{c_x} + v_6)^2} \right]. \quad (13)$$

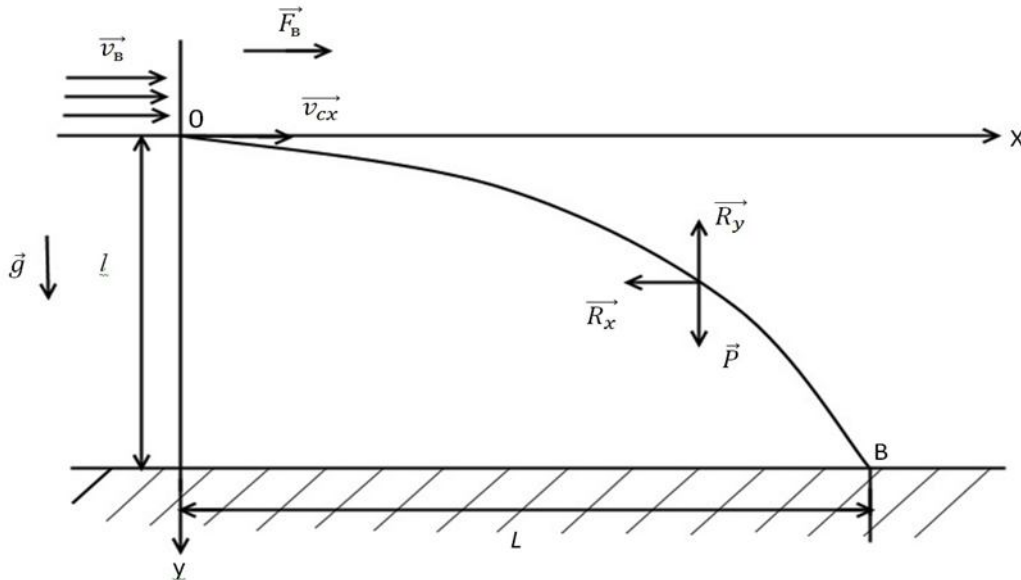


Рис. 1 – Траєкторія польоту часток мінеральних добрив після сходження з диску відцентрового розкидача

Розглянемо далі випадок, коли виконується умова:

$$F_6 \gg K \cdot \delta \cdot v_x^2. \quad (14)$$

Тоді, враховуючи, що $v_x = \frac{dx}{dt}$ матимемо з (5) при умові (14):

$$x = \frac{F_6 \cdot t^2}{2M} + (v_{c_x} + v_6) \cdot t, \quad (15)$$

де врахована початкова умова (8).

Враховуємо, що $v_y = \frac{dy}{dt}$ і про інтегруємо (12) по t :

$$\frac{dy}{dt} = c_y \cdot \text{th} \left\{ \frac{gt}{c_y} \right\}, \quad (16)$$

звідки:

$$y = \frac{c_y^2}{g} \cdot \ln \left\{ \text{ch} \left(\frac{gt}{c_y} \right) \right\} + B. \quad (17)$$

Тут B – довільна стала інтегрування, яку знайдемо із початкової умови: $t = 0$, $y = 0$, звідси $B = 0$ і

$$y = \frac{c_y^2}{g} \cdot \ln \left\{ ch \left(\frac{gt}{c_y} \right) \right\}. \quad (18)$$

Тоді закон руху точки запишеться у вигляді (параметрична форма запису):

$$\begin{cases} x = \frac{F_6 \cdot t^2}{2M} + (v_{c_x} + v_6) \cdot t, \\ y = \frac{c_y^2}{g} \cdot \ln \left\{ c \left(\frac{gt}{c_y} \right) \right\}. \end{cases} \quad (19)$$

Час падіння τ з висоти h можна знайти з рівняння:

$$h = \frac{c_y^2}{g} \cdot \ln \left\{ ch \left(\frac{g\tau}{c_y} \right) \right\} \Rightarrow \tau = \frac{c_y}{g} \cdot Arch \left(\exp \left[\frac{gh}{c_y^2} \right] \right). \quad (20)$$

Тоді дальність польоту частинки мінеральних добрив L знайдемо таким чином:

$$(x = L, t = \tau) \Rightarrow L = \frac{F_6}{2M} \cdot \tau^2 + (v_{c_x} + v_6) \cdot \tau. \quad (21)$$

Враховуючи (20), з (21) матимемо:

$$L = \frac{F_6}{2M} \cdot \frac{c_y^2}{g^2} \cdot \left\{ Arch \left(\exp \left[\frac{gh}{c_y^2} \right] \right) \right\}^2 + (v_{c_x} + v_6) \cdot \frac{c_y}{g} \cdot Arch \left(\exp \left[\frac{gh}{c_y^2} \right] \right). \quad (22)$$

Час падіння можна знайти лише, використовуючи асимптоту для кривої (18), яка має вигляд:

$$y = c_y \cdot t - \frac{c_y^2}{g} \cdot \ln 2. \quad (23)$$

Поклавши $y = h$ знайдемо час τ :

$$\tau = \frac{h}{c_y} + \frac{c_y}{g} \cdot \ln 2. \quad (24)$$

Тепер визначимо дальність польоту L (наближено):

$$L = \frac{F_6 \cdot \tau^2}{2M} + (v_{c_x} + v_6) \cdot \tau \approx \frac{F_6}{2M} \cdot \left[\frac{h}{c_y} + \frac{c_y}{g} \cdot \ln 2 \right]^2 + (v_{c_x} + v_6) \cdot \left(\frac{h}{c_y} + \frac{c_y}{g} \cdot \ln 2 \right). \quad (25)$$

Тут:

$$c_y = \sqrt{\frac{P}{K \cdot \delta}} = \sqrt{\frac{Mg \cdot 4}{K \cdot \pi d^2}} = \sqrt{\frac{\rho \cdot g \cdot \frac{4}{3} \pi \cdot r^3 \cdot 4}{K \cdot \pi \cdot 4 \cdot r^2}} = \sqrt{\frac{2\rho \cdot g \cdot d}{3K}}. \quad (26)$$

де: ρ – щільність матеріалу частки;
 d – її діаметр.

У таблиці 1 наведені результати розрахунку L за формулою (25) при $\rho = 10^3 \text{ кг/м}^3$; $d = 3 \cdot 10^{-3} \text{ м}$; $v_g = 5 \text{ м/с}$; $h = 0,5 \text{ м}$; $v_{c_x} = (20 \dots 55) \text{ м/с}$; $F_g = 10^{-6} \text{ Н}$.

Для вказаних даних використовується умова:

$$\frac{h}{c_y} \ll \frac{c_y}{g} \cdot \ln 2. \quad (27)$$

З урахуванням (27), формула (25) набуває вигляду:

$$L \approx \frac{F_g}{2M} \cdot \left(\frac{c_y}{g} \cdot \ln 2 \right)^2 + (v_{c_x} + v_g) \cdot \left(\frac{c_y}{g} \cdot \ln 2 \right). \quad (28)$$

При $F_g = 0$ з (28) маємо:

$$L \approx (v_{c_x} + v_g) \cdot \left(\frac{c_y}{g} \cdot \ln 2 \right). \quad (29)$$

У таблиці 2 наведені результати розрахунку L за формулою (29) при $F_g = 0$ і тих самих інших параметрів, які були використані при розрахунках за співвідношенням (25) (табл. 1). Аналіз результатів, розміщених у табл. 1 та 3 показує, що вплив $F_g \neq 0$ несуттєво зростає при її збільшенні у 100 разів ($(F_g, \text{ табл. 1}) / (F_g, \text{ табл. 3}) = 0,01$), що призводить одночасно до несуттєвого зростання дальності польоту L .

Таблиця 1 – Значення L , м, обчислені за (28), $F_g = 10^{-6} \text{ Н}$

v_{c_x} , м/с	L , м
20	15,76 (15,75)*
30	22,06 (22,05)
40	28,36 (28,35)
50	34,66 (34,65)
55	37,81 (37,80)

*Примітка. У дужках вказані значення L при ($F_g \equiv 0$)

Таблиця 2 – Значення L , м, обчислені за (29), $F_g \equiv 0$

v_{c_x} , м/с	L , м
20	15,75 (12,60)*
30	22,05 (18,90)
40	28,35 (25,20)
50	34,65 (32,50)
55	37,80 (34,65)

*Примітка. У дужках вказані значення L при ($v_g \equiv 0$)

Таблиця 3 – Значення L , м, обчислені за (28), $F_g=10^{-4}$ Н

v_{c_x} , м/с	L , м
20	17,16 (15,76)*
30	23,46 (22,06)
40	29,76 (28,36)
50	36,06 (34,66)
55	39,21 (37,81)

*Примітка. У дужках вказані значення L при ($F_g=10^{-6}$ Н)

У табл. 4 приведені значення L , м при $F_g=10^{-3}$ Н. За таких значень F_g для частинок мінеральних добрив діаметру $d=3 \cdot 10^{-3}$ м і $\rho = 10^3$ кг/м³ виникає суттєвий вплив сили вітру на рух частинок і, зокрема, на L .

Таблиця 4 – Значення L , м, обчислені за (28), $F_g=10^{-3}$ Н

v_{c_x} , м/с	L , м
20	29,85 (17,16)*
30	36,15 (23,46)
40	42,45 (29,76)
50	50,15 (36,06)
55	51,90 (39,21)

*Примітка. У дужках вказані значення L при ($F_g=10^{-4}$ Н)

Після падіння на ґрунт частинки мінеральних добрив за принципом розповсюдження дифузійної плями [5] починають свій рух по поверхні землі. Засобами теорії ймовірності виявлено [6], що радіус дифузійної плями r_{ni} зв'язаний з часом t наступною залежністю:

$$r_{ni} = \alpha \cdot \sqrt{t}, \quad (30)$$

одержаною А. Ейнштейном. Тобто за таким законом збільшується радіус концентричних кіл, по яких переміщуються блукаючі частинки мінеральних добрив, які знаходяться на поверхні ґрунту (але продовжують рухатись за рахунок дії сили вітру). У (30) α – коефіцієнт пропорційності, який залежить від фізико-хімічних властивостей як самих частинок мінеральних добрив, так і тієї поверхні, по якій вони рухаються.

Закон розповсюдження дифузійної плями [5,6] показує, що відстань \tilde{L} з часом буде збільшуватись, особливо в напрямку дії сили вітру (тут \tilde{L} – відраховується на ґрунті від точки падіння на нього гранули мінеральних добрив). Подальший рух частинок в радіальному напрямку визначається законом:

$$\vec{r} = \left\{ \alpha \cdot \sqrt{t} \cdot \cos \varphi + v_g \cdot t + \frac{F_g \cdot t^2}{2M} \right\} \cdot \vec{i} + \alpha \cdot \sqrt{t} \cdot \sin \varphi \cdot \vec{j}, \quad (31)$$

де: φ – кут, який утворює радіус-вектор \vec{r} з напрямом дії сили вітру;

(\vec{i}, \vec{j}) – орти вповодж двох взаємно ортогональних осей (одна з цих осей паралельна векторам \vec{F}_e та \vec{v}_e а інша – перпендикулярна до них (рис. 2).

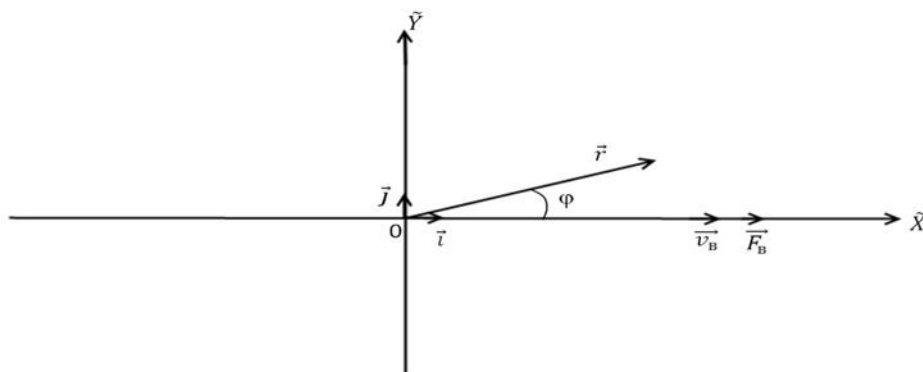


Рис. 2 – Взаємна орієнтація векторів \vec{v}_e , \vec{F}_e , \vec{r}

Слід зазначити, що з плином часу t формула дифузійної плями, витягнутої вздовж осі Ox – еліпс з піввісьми $a(t)$ та $b(t)$ причому $a(t) > b(t)$ при $t > 0$:

$$\begin{cases} a(t) = \alpha\sqrt{t} \cdot \cos \varphi + v_e \cdot t + \frac{F_e \cdot t^2}{2M}, \\ b(t) = \alpha \cdot \sqrt{t} \cdot \sin \varphi. \end{cases}$$

Площа фізичної плями $S(t)$ визначається із співвідношення:

$$S(t) = \pi \cdot a(t) \cdot b(t) = \pi \cdot \left\{ \alpha\sqrt{t} \cdot \cos \varphi + v_e \cdot t + \frac{F_e \cdot t^2}{2M} \right\} \cdot \left\{ \alpha \cdot \sqrt{t} \cdot \sin \varphi \right\}.$$

Висновки:

1. Обґрунтована фізико-механічна модель розсівання гранул твердих мінеральних добрив, після сходження з диску відцентрового розкидача при дії вітру, та визначені її основні кінематичні характеристики: швидкість польоту і його тривалість, дальність, у залежності від основних механіко-технологічних та фізичних параметрів гранул.
2. Встановлені основні закономірності та характеристики дифузійної плями, яка є моделлю розсівання гранул по поверхні поля, під дією вітру та його швидкості.
3. Отримані результати у подальшому можна використовувати для уточнення і вдосконалення інженерних методів розрахунку відцентрових розкидачів мінеральних добрив із врахуванням дії сили та швидкості вітру.

Список використаних джерел

1. Заїка П.М. Методические указания к изучению расчетного курса лекций «Сельскохозяйственные и мелиоративные машины» Избранные задачи земледельческой механики. Тема 8. движение обрабатываемого материала в сопротивляющейся среде. – Х.: ХИМЭСХ, 1991. – 62 с.

2. Заїка П.М., Мельник В.И., Анিকেєв А.И. Свободное движение материальной точки в спокойной изотропной газообразной среде // Весник Харьковского государственного технического университета «Харьковский политехнический институт». Динамика и прочность машин. – 2001. – Вып. 25.
3. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. Том 1. Частина 3. Машини для приготування і внесення добрив. – Х.: Око, 2002. – 342 с.
4. Камаєва І.О. Чисельний аналіз забрудненості територій в результаті промислових викидів // Методи та прилади контролю якості. ІФНТУНГ – Івано-Франківськ. 2005. №5 – С.62-63.
5. Камаєва І.О., Сенчук Я.М. та ін. Математична модель розсіювання викидів промислових підприємств. Вісник ХНТУ. 2005. №2 (22) – С. 143-147.
6. Камаєва І.О., Сенчук Я.М. та ін. Модель розповсюдження шкідливих речовин внаслідок вітрової ерозії. Вісник Херсонського національного технічного університету. – Херсон: ХНТУ, 2007. – Вип.2 (28). – С. 131-136.

Аннотация

МОДЕЛЬ РАССЕВАНИЯ ГРАНУЛ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ПОСЛЕ СХОЖДЕНИЯ С ДИСКА ЦЕНТРОБЕЖНОГО РАЗБРАСЫВАТЕЛЯ ПРИ ДЕЙСТВИИ ВЕТРА

Ловейкин В.С., Човнюк Ю.В., Дитюк А.І.

В результате проведенных исследований установлены основные закономерности движения частиц минеральных удобрений после их схождения с поверхности разбрасывающего диска с учетом действия силы ветра. Обоснована физическая и механико-технологическая модель движения гранул минеральных удобрений, как в воздухе, так и по поверхности поля (т. н. модель «диффузорного пятна»).

Abstract

THE MODEL OF THROWING DOWN THE GRANULES OF MINERAL FERTILIZERS AFTER GOING DOWN FROM THE SURFACE OF THE DISK OF CENTRE TONING ABOUT WITH THE POWER OF WIND

V. Loveykin, Y. Chovnyuk, A. Dityuk

As a result of conducting researches it is set conformity of law of moving the granules of mineral fertilizers after going down from the surface of a disk of the centre throwing about with accounting the power of wind. It is grounded physical and mechanic-technical model of mooring granules of mineral fertilizers as in the air and also on the surface of the disk (the model “diffuse spot”).

НАВЕСНОЙ ОПРЫСКИВАТЕЛЬ

Калюжный А.Д., к.т.н., доц., Ридный В.Ф., к.т.н., доц.,
Борхаленко Ю.А., инж., Сыровицкий К.Г., студ.

*Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства
имени Петра Василенко*

Предложено устройство навесного малообъемного штангового опрыскивателя вентиляторного типа, каждый распылитель которого снабжен индивидуальным вентилятором.

Постановка проблемы. Химизация была и остается одним из важнейших направлений интенсификации и повышения эффективности сельскохозяйственного производства. Очевидно, что основным способом химизации является применение минеральных удобрений, обеспечивающих получение стабильно высоких урожаев культур. Весьма важной частью химизации является использование пестицидов – химических средств защиты растений, т.е. средств борьбы с вредителями, болезнями растений и сорняками. Одним из существенных отличий при использовании удобрений и пестицидов будет значительное различие норм их внесения. Средние нормы внесения минеральных удобрений для различных культур и разных типов почв колеблются: по N от 30 до 90, по P₂O₅ – от 40 до 100 и по K₂O от 20 до 60 кг/га [1]. Такие нормы позволяют вносить удобрения в чистом виде непосредственно в почву или разбрасывать их по поверхности поля. Нормы внесения пестицидов значительно меньше. Так по гербицидам они колеблются от 0,2 до 1,6 кг/га в период вегетации культурных растений, и от 1,8 до 5 кг/га в послеуборочный период и по черным парам.

В последнее время появляются новые экономные химикаты, например французский гербицид ларен, норма внесения которого составляет всего 10 г/га. Для равномерного внесения таких небольших количеств химикатов используются переводы их в специальные формы, преимущественно растворы, называемые рабочей жидкостью. В связи с этим в практике защиты растений чаще всего используются опрыскиватели, конструкции которых не отличаются простотой. В связи с этим разработка простых по устройству и надежных в работе опрыскивателей остается актуальной задачей.

Целью работы была разработка простого надежного устройства, обеспечивающего качественное поверхностное внесение минеральных удобрений в пределах от 30 до 300 л/га.

Норма внесения рабочей жидкости при опрыскивании разных сельскохозяйственным культур разными типами аппаратов (включая переносные и ручные приводы) варьирует от 5 до 3000 л/га. При наземном опрыскивании эти расходы составляют для овощных, полевых и технических культур – 100...6000 л/га, плодовых – 500...2000 л/га. При авиационном

опрыскивании расход рабочей жидкости составляет 25...100 л/га [1].

Весьма перспективным является малообъемное опрыскивание, при котором существенно сокращается только расход рабочей жидкости, но остается неизменной норма расхода химического средства защиты растений. Это достигается повышением концентрации химиката примерно пропорционально уменьшению количества рабочей жидкости. Снижение расхода рабочей жидкости без ущерба для технической эффективности препарата достигается повышением дисперсности капель жидкости.

Изложение основного материала. Среди существующих типов опрыскивателей вентиляторные отличаются простотой конструкции и высокой надежностью работы [2]. Особенно следует выделить опрыскиватели, в которых воздушный поток, создаваемый вентилятором, используется не только для подачи рабочей жидкости на обрабатываемый объект, но и для её дробления.

В настоящей работе и предлагается устройство навесного малообъемного штангового опрыскивателя вентиляторного типа, в котором каждый из распылителей снабжен индивидуальным маломощным вентилятором, воздушный поток которого и распределяет и участвует в дроблении рабочей жидкости. В предлагаемом устройстве использовано пневмовоздушное распыление. Учитывая небольшие объемы вносимых растворов удобрений использовано их гравитационное дозирование.

Конструкция устройства представлена на рис. 1.

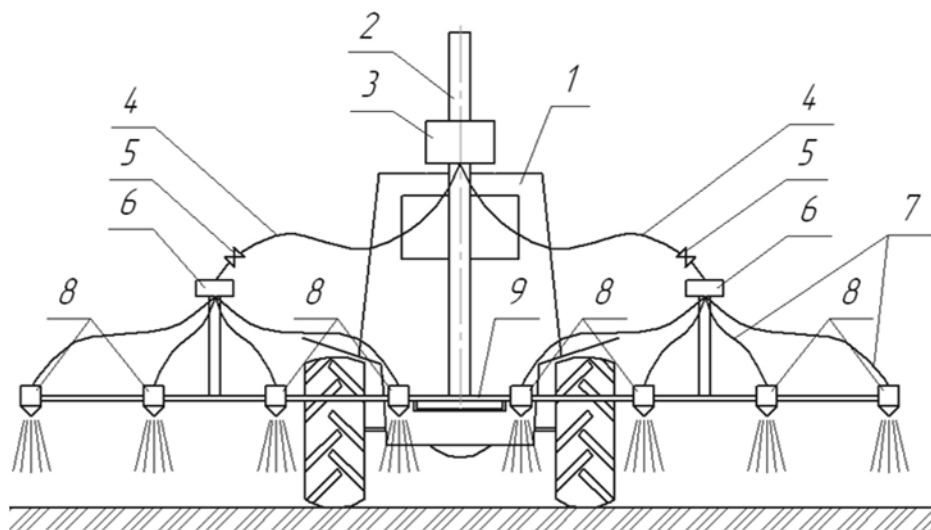


Рис. 1 – Общий вид опрыскивателя

Навешиваемое на трактор 1 устройство включает мачту 2, с перемещающимся на ней дозирующим баком 3, который трубопроводами 4 через электромагнитный клапан 5 соединен с двумя распределителями 6, соединенными трубопроводами 7 с четырьмя левыми и четырьмя правыми разбрызгивателями 8, установленными на определенном расстоянии друг от друга, на штанге 9. Каждый из разбрызгивателей (рис. 2) включает корпус 1 с диффузором 2 и соплом 3. В подшипниках 4, установленных в ступицах двух

держателей 5, прикрепленных в верхней и нижней части корпуса 1, устанавливается вал 6, на котором закреплены диск-разбрасыватель 7 и вентилятор 8. Сверху над корпусом 1 установлен электродвигатель 9, который через муфту соединен с валом 6. Через корпус 1 пропущены трубопроводы 10, концы трубок которых размещены над диском разбрасывателем 7.

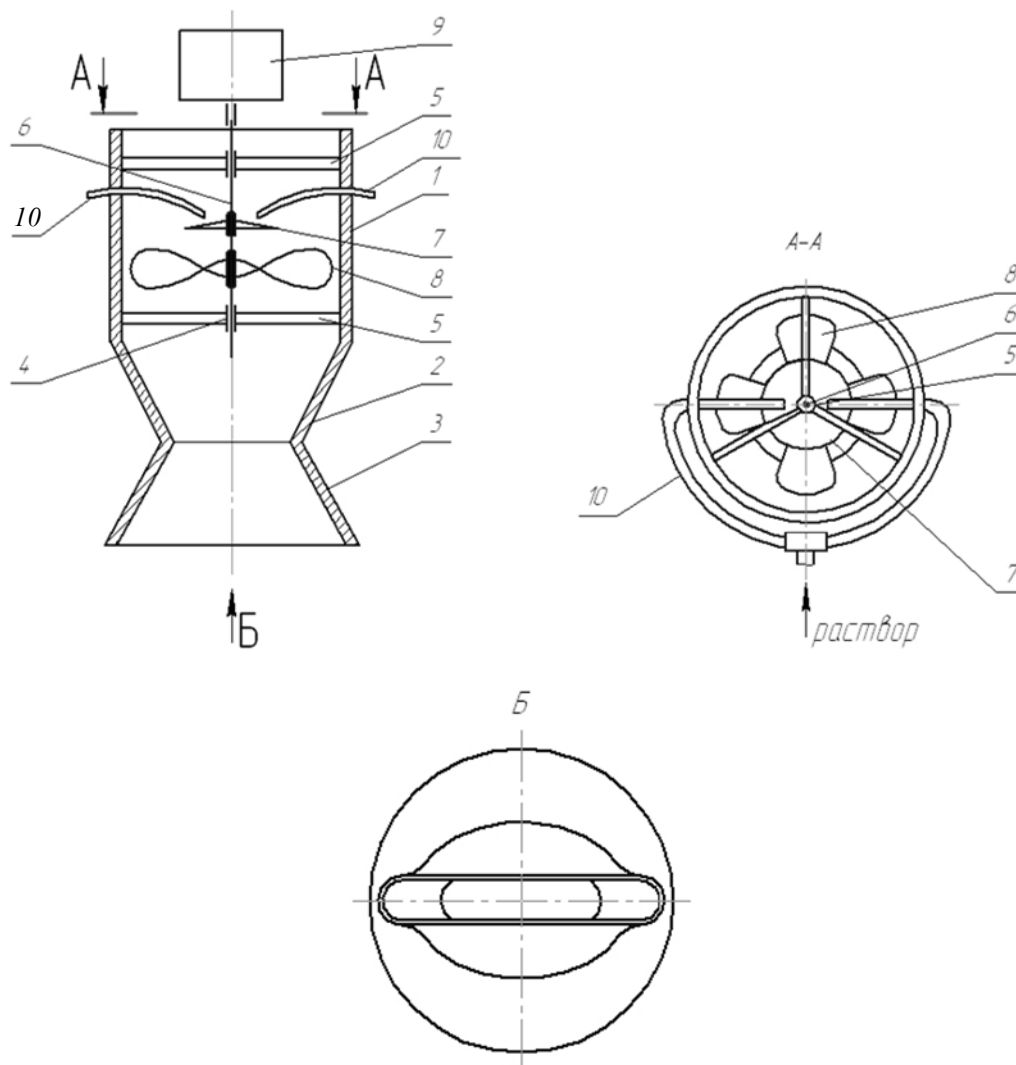


Рис. 2 – Распылитель

Работает устройство следующим образом. Перед началом работы для обеспечения заданной нормы внесения бак с рабочей жидкостью, для создания определенной величины гидростатического давления, устанавливается на мачте 2 на необходимую высоту (гравитационное дозирование [3]). При начале движения тракторного агрегата по участку обрабатываемого поля включаются электродвигатели распылителей, параллельно с которыми включаются электромагнитные клапаны. Открывается подача раствора из дозирующего бака к распределителям откуда раствор поступает в распылители. Попадающие через трубопроводы на диск распылителя небольшие струйки рабочей жидкости под действием центробежной силы распределяются по всему сечению корпуса распылителя и проходя дальше под напором воздушного потока, создаваемого вентилятором проходят через диффузор и сопло и

попадают на почву.

Опрыскиватель может обеспечивать норму подачи жидкости в пределах от 5 до 300 л/га. На заданную норму расхода машина настраивается установкой необходимого количества распылителей на штанге и выбором соответствующей скорости передвижения трактора, а также изменением высоты бачка или отключением одной из подающих трубок.

Заключение. Таким образом, предложена конструкция вентиляторного опрыскивателя, простого по устройству, надежного в работе и обеспечивающего широкий диапазон норм внесения, включая и малообъемное опрыскивание. Предлагаемый опрыскиватель может агрегатироваться с тракторами класса 6 – 30 кН и работать совместно с прицепными и навесными культиваторами, сеялками или плугами.

Список использованных источников

1. Справочник по химизации сельского хозяйства. Под редакцией В.М. Борисова. – М.: «Колос», 1980. – 564 с.
2. Калюжный А.Д., Аникеев А.И., Красноруцкий А.Н., Борисовская А.С. Повышение эффективности использования машин для внесения жидких минеральных удобрений. *Механізація сільськогосподарського виробництва*. // - Харків: ХДТУСГ, 2010. Вип. 93. Том 2. – С. 46-51
3. Калюжный О.Д., Рідний В.Ф., Меджидов Р.Р. Устройство для внесения жидких минеральных удобрений с гравитационным дозированием. *Механізація сільськогосподарського виробництва та переробки сільськогосподарської продукції*. // - Харків: ХДТУСГ, 2010. Вип. 103. –С. 108-111.

Анотація

НАЧІПНИЙ ОПРИСКУВАЧ

Калюжний О.Д., Рідний В.Ф., Борхаленко Ю.А., Сировицький К.Г.

Запропонована будова начіпного малооб'ємного штангового оприскувача вентиляторного типу, кожен розпилювач якого забезпечений індивідуальним вентилятором.

Abstract

HANGING SPRINKLER

A. Kalyuzhnyi, V. Ridnyi, Y. Borkhalenko, K. Sirovitskyi

The device of hanging small-volume barbell sprinkler of ventilator type every nebulizer of which is supplied an individual ventilator is offered.

**РІВНІ ЕФЕКТИВНОСТІ МАШИНОВИКОРИСТАННЯ В
ЗЕМЛЕРОБСТВІ НА ПРИКЛАДІ ГОСПОДАРСЬКИХ ОБ'ЄКТІВ
ЗОЛОЧІВСЬКОГО РАЙОНУ ХАРКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ**

**Ковтун Ю.І., д.с-г.н., акад. ІАУ, проф., Циганенко М.О., к.т.н., доц.,
Красноруцький О.М., ст. викл., Качанов В.В., інж.**

*Харківський національний технічний університет сільського господарства
імені Петра Василенка*

В статті подані результати аналізу машиновикористання в землеробстві в одному із районів Лісостепу в залежності від технологічних рівнів господарств.

Постановка проблеми. На сучасному стані розвитку сільського господарства маємо різні рівні господарств як за економічними формами, за площами посівів, так і за врожайністю. Відповідно існують різні рівні ефективності машиновикористання в землеробстві, що потребує різнорівневої методології щодо розробки рекомендацій для підвищення рівня у низькорівневих господарствах на основі технологічної блочно-варіантної системи машиновикористання в землеробстві [1].

Тому було поставлено завдання на прикладі одного із районів Харківської області, типовому для Лісостепової агрокліматичної зони, провести аналіз технологічних рівнів об'єктів господарювання, їх забезпечення с-г технікою і як вона ефективно застосовується.

Методики дослідження. Відповідно до рівнево-порівняльної методології [2] та згідно розробленої методики визначення технологічних рівнів господарств за основними показниками провідних культур [3] була розроблена 9-бальна шкала визначення цих рівнів в сучасних умовах за даними врожайності зернових та їх площами посівів, використовуючи загально-прийнятий статистичний метод розділення на класи і за врожайністю (висока, середня і низька) та за площами посівів (великі, середні і малі). При цьому мається на увазі, що врожайність визначає рівень агротехніки, якості виконання технологічного процесу, а площі - рівень машиновикористання. Відповідно було визначено оцінку в балах технологічних рівнів господарств (табл. 1).

Для досліджень було вибрано Золочівський район Харківської області, типовий для Лісостепової агрокліматичної зони. Ця зона Харківщини характеризується наявністю ґрунтів чорноземного типу і лісостепових ґрунтів, з опадами 510 мм на рік (по області 480-510 мм), сумарною, температурою більше 10°C 2640 (по області 2640-2800), бонітет ґрунтів по зернових культурах складає 69 (по області 61-73) [4].

Таблиця 1 – Шкала визначення технологічних рівнів господарств в залежності від врожайності зернових і їх посівних площ

Рівні врожайності	Низький			Середній			Високий		
Рівні посівних площ	Мала	Середня	Висока	М	С	В	М	С	В
9-бальна шкала технологічних рівнів	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Групи технологічних рівнів	Низький (1-4 бали)			Середні (5-7 балів)			Високий (8-9 балів)		

Результати дослідження. Всього в Золочівському районі, згідно форми 29 с-г, 24 об'єкти сільськогосподарської діяльності різних економічних форм: від окремих фермерських господарств до об'єднань і товариств. За даними 2008 року врожайність зернових по господарствах коливалася від 14 до 57 ц/га, площі посіву цих культур були від 55 до 5358 га.

Розподіливши господарства за 9-бальною шкалою і групами технологічних рівнів (табл. 2) були вибрані об'єкти для аналізу згідно розроблених опитувальних листів, в яких передбачалося визначення економічної форми господарювання, сільгоспкультур (площі і врожайність) організація робіт (своя техніка, арендована, наймана), наявність техніки, роки випуску.

Таблиця 2 – Кількість господарств за 9-бальною шкалою і по групах технологічних рівнів в Золочівському районі Харківської області

Межі врожайності ц/га	Низька 14-18			29-42			43-57		
Межі площ, га	Малі 90-1846	Серед. 1847-3602	Вищ. 3603-5358	М	С	В	М	С	В
9-бальна шкала	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Кількість господарств, їх співвідношення (%) за 9-бальною шкалою	4/17	-	-	12/50	3/13	1/4	1/4	2/8	1/4
Теж за 3-ма технол. рівнями	16/67			5/21			3/12		

Для обстеження і аналізу було взято 2 господарства низького технологічного рівня з оцінкою в 1-4 бали. 3 господарства середнього технологічного рівня з оцінкою 5-7 балів та одно господарство високого технологічного рівня з оцінкою 8 балів.

В зв'язку з тим, що не отримано дозволу від господарств на публікацію їх даних, аналіз проведено за їх номерами, встановленими за списком (табл. 3) та формою господарювання були взяті різні господарства: фермерські (Ф.Г.), сільськогосподарські товариства з обмеженою відповідальністю (СТОВ), товариства з обмеженою відповідальністю (ТОВ), сільськогосподарські виробничі колективи (СВК).

В господарстві низького рівня №8 з оцінкою в 1 бал основними культурами є озима пшениця (900 га), кукурудза на зерно (300 га), соняшник (320 га) та цукрові буряки (500 га).

В господарстві №9 цього ж низького рівня вирощуються ті ж культури крім цукрового буряка: озима пшениця (1400 га), кукурудза на зерно (230 га), соняшник (400 га).

Врожайність основної культури – озимої пшениці в цих господарствах найнижча (35-37 ц/га) серед обстежених. В господарствах середнього та високого технологічного рівня вона була суттєво вищою (42-45 ц/га).

Енергетика господарств включає трактори значної потужності 350-450 к.с. При цьому це в абсолютній більшості зарубіжні трактори: New Holland T-8040, John Deere 8430, MT-865B, MT3-765B. Ці трактори експлуатуються в господарствах з 2007-2008 років. Слід зазначити, ці потужні трактори застосовуються, як в господарствах середнього і високого, так і в господарствах низького технологічного рівнів. Як відомо, зарубіжні трактори дорожчі від вітчизняних в 5-7 раз. Але керівники обстежених господарств вважають, що їх головна перевага – надійність, і вони забезпечують виконання робіт по основному обробітку ґрунту і сівбі зернових і технічних культур в найкоротші строки. Крім значних переваг в застосуванні зарубіжних потужних тракторів та широкозахватних сільськогосподарських машин є і недоліки. Це, в першу чергу, через значну масу цих агрегатів має місце значне ущільнення ґрунту колесами машин. Крім того, через низький рівень сервісу зарубіжних машин, при відмові в роботі, виникають значні простой (до 10 діб) у відповідальні періоди вирощування сільськогосподарських культур.

В господарстві низького технологічного рівня №8, як енергетичний засіб застосовується потужний зарубіжний трактор New Holland, який агрегується широкозахватними сільськогосподарськими машинами, що є в господарстві, але це не забезпечує одержання високих врожаїв. Крім зазначених в господарстві мають вітчизняні трактори Т-150, Т-150К, МТЗ-82 різних років випуску (1998-2006 рр.).

Для внесення добрив застосовуються вітчизняні машини: розкидачі мінеральних добрив МВУ-900 та органічних ПРТ-10.

З ґрунтообробних машин використовуються в основному зарубіжні обертові плуги та вітчизняні широкозахватні (8-9 корпусні) плуги, важкі борони. Як в господарствах низького, так і в середнього та високого застосовуються широкозахватні (24 м) пружинні борони ЗПГ-24. Для сівби в господарствах всіх технологічних рівнів застосовуються поряд із зарубіжними широкозахватними агрегатами і вітчизняні (СЗ-5,4; СТВТ-12/8).

Збирання врожаю зернових, соняшника та кукурудзи в господарствах як низького, так і середнього та високого рівнів, застосовуються як вітчизняні – ДОН-1500, так і зарубіжні «CLAAS LEXION», «CASE», «BIZON». При цьому, зарубіжні комбайни досить часто орендуються або наймаються. Для збирання цукрових буряків в господарствах, як правило, використовуються наймані зарубіжні комбайни «HOLMER», «ROPA». Не зважаючи на досить високу ціну найму (1000грн/га) керівники господарств ідуть на такі умови, щоб не мати

клопоту з ремонтом машин під час збирання врожаю.

Із транспортних засобів застосовуються, як потужні «Урал», «Камаз» та і середньої потужності ГАЗ-53 різних років випуску (1987-2008 рр.).

Таблиця 3 – Основні показники обстеження господарств Золочівського району Харківської області, вибраних по групах технологічних рівнів (за 2009 рік)

Найменування показників	Технологічні рівні господарств				
	низький		середній		високий
1	2	3	4	5	6
Номер господарства по «Списку...»	№8	№9	№16	№12	№2
Оцінка по 9-ти бальній шкалі	1	1	6	7	8
Форма господарювання	СТОВ	ТОВ	ФГ	СВК	ТОВ
Загальна посівна площа, га	2500,0	2997,0	6500,0	3027,0	6450,0
Площі та урожайність основних культур, $\frac{га}{ц/га}$	$\frac{900.0}{35.0}$	$\frac{1400.0}{37.0}$	$\frac{2100.0}{42.0}$	$\frac{800}{43.0}$	$\frac{985.0}{45.1}$
Озима пшениця					
Ячмінь					
Кукурудза на зерно	$\frac{300.0}{60.0}$	$\frac{230.0}{53.0}$	$\frac{1300.0}{53.0}$	$\frac{800.0}{82.0}$	$\frac{1830.0}{72.5}$
Соняшник	$\frac{320.0}{20.0}$	$\frac{400.0}{21.0}$	$\frac{800.0}{33.0}$	$\frac{400.0}{37.0}$	$\frac{740.0}{23.0}$

Висновки:

1. Проведені дослідження підтвердили необхідність і правильність у виборі методики визначення технологічних рівнів господарств.
2. Господарства низького технологічного рівня характеризуються низькою врожайністю основної культури озимої пшениці (35-37 ц/га) площею полів (2500,0-2997,0 га) і низьким рівнем ефективності машиновикористання, незважаючи на достатнє технічне оснащення.
3. Господарства середнього технологічного рівня характеризуються більш високою врожайністю озимої пшениці (42,0-43,0 ц/га) більшими площами (3027-6500,0 га), більш ефективним машиновикористанням та досить різноманітним технічним забезпеченням.
4. Господарство високого технологічного рівня має найвищу серед обстежених господарств врожайність основної зернової культури (45,1 ц/га), досить значне і різноманітне технічне оснащення і ефективне машиновикористання.
5. Характерною особливістю обстежених господарств є застосування потужних (300-400к.с.) зарубіжних тракторів загального призначення, які агрегуються із зарубіжними широкозахватними сільськогосподарськими машинами. При цьому, ці трактори та машини використовуються в господарствах всіх технологічних рівнів.
6. Для збирання врожаю в господарствах всіх технологічних рівнів

використовуються як вітчизняні, так і досить широко зарубіжні збиральні машини. При цьому в господарствах різних технологічних рівнів використовується форма найму цих машин.

7. Найбільша кількість господарств низькою технологічного рівня (67%), до яких входять господарства з оцінкою 1-4 бали. Це викликає необхідність для подальшого аналізу вибрати не менше, як два господарства низького рівня і по одному середнього та високого технологічних рівнів.

Список використаних джерел

1. Мазоренко Д.І. Проектні розробки перспективної технологічної блочно-варіантної системи машиновикористання в землеробстві/ Д.І. Мазоренко, Ю.І. Ковтун, С.О. Харченко// Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка. Вип. 93. Т.1. – Харків: ХНТУСГ, 2010. – С. 5-11.
2. Ковтун Ю.І. Рівністика: видання 2-ге, виправлене, уточнене і доповнене/ Ю.І. Ковтун. – Харків: КП Міська друкарня, 2010. – 184 с.
3. Ковтун Ю. И. Инженерная агрономия/ Ю. И. Ковтун. – Киев: Урожай, 1988. – 152 с.
4. Научно-обоснованная система земледелия Харьковской области. – Харьков: Облполиграфцвет, 1983. – 353 с.

Аннотация

УРОВНИ ЭФФЕКТИВНОСТИ МАШИНОИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ЗЕМЛЕДЕЛИИ НА ПРИМЕРЕ ХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ ЗОЛОЧЕВСКОГО РАЙОНА ХАРЬКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Ковтун Ю.И., Цыганенко М.А., Краснорутский А.Н., Качанов В.В.

В статье приведены результаты анализа машиноиспользования в земледелии в одном из районов Лесостепи, в зависимости от технологических уровней хозяйств.

Abstract

LEVELS OF EFFICIENCY MECHANIZATIONS IN AGRICULTURE ON EXAMPLE OF ECONOMIC OBJECTS OF ZOLOCHEVSK DISTRICT OF KHARKOV REGION

Y. Kovtun, M. Tsyganenko, A. Krasnorutskyi, V. Kachanov

In the article the results of analysis of mechanizations are resulted in agriculture in one of districts of Forest-steppe, depending on the technological levels of economies.

ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ЕФЕКТИВНОГО МАШИНОГО АГРЕГАТУ ДЛЯ ВИКОНАННЯ МЕХАНІЗОВАНОЇ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ОПЕРАЦІЇ

Зубко В.М., к.т.н.

Сумський національний аграрний університет

Проведено аналіз техніко-експлуатаційних показників машинних агрегатів, які сьогодні використовуються у господарствах Сумської області та будуть актуальними у використанні найближчим часом та досліджено економічні показники виробництва озимого ріпаку з використанням в одному випадку енергетичного засобу Білорусь-892, а в другому – ЮМЗ-6АКЛ.

Постановка проблеми у загальному вигляді. На сьогодні досить актуальним є питання використання техніки при виробництві продукції рослинництва. Адже машинно-тракторний парк господарств значно застарів (рис. 1), а техніка яка була закуплена також і фізично і морально старіє і також буде потребувати оновлення.

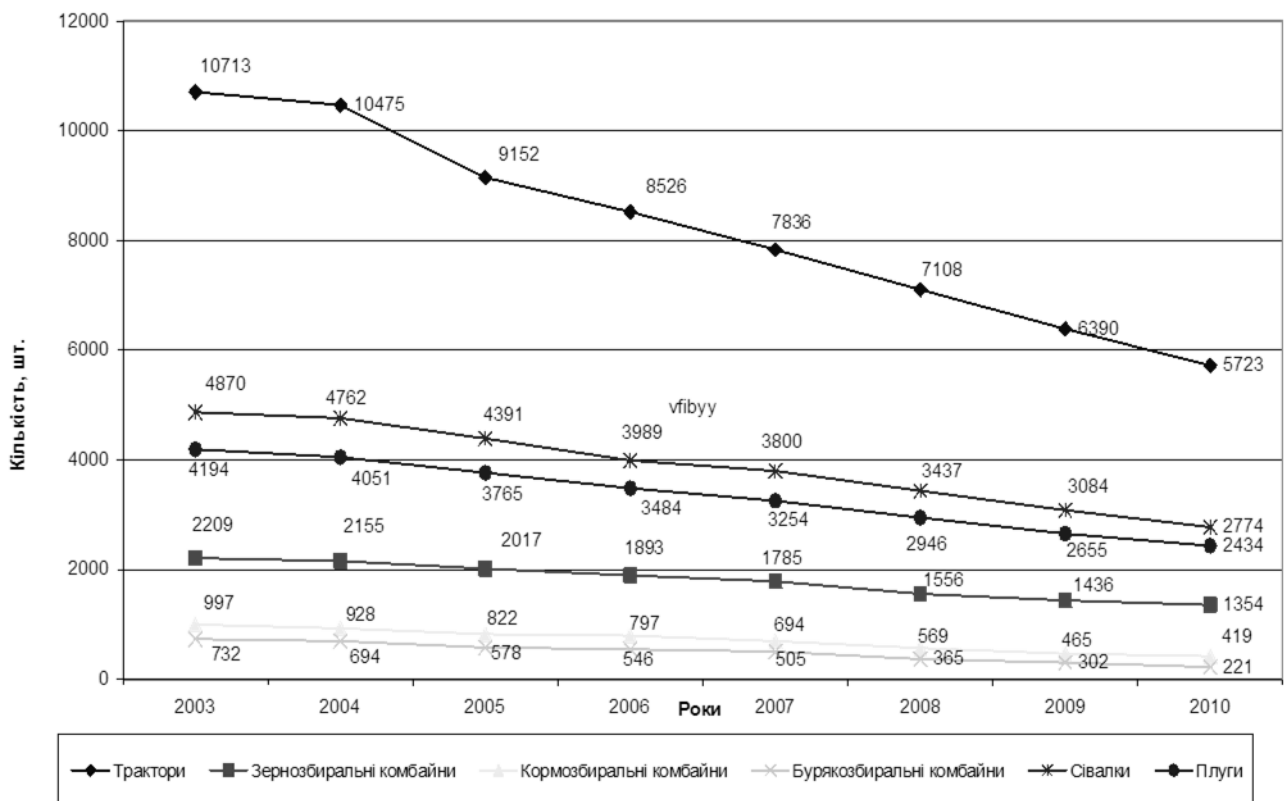


Рис. 1 – Наявність техніки в сільгоспідприємствах Сумської області в 2003 - 2010 роках

Як видно з рис. 1 кількість техніки з роками зменшується. Так тракторів в 2010 році стало менше на 54% в порівнянні з 2003 роком, зернозбиральних комбайнів на 61%, а кормозбиральних комбайнів на 42% і ця тенденція, як

видно з графіка, зберігається і надалі.

Відомим фактом є те, що для фермерських господарств оптимальною у використанні є малопотужна техніка, а для великих господарств, холдингів - техніка з підвищеною потужністю і збільшеною шириною захвата. Наразі на ринку представлена велика кількість виробників сільгоспобладнання, при цьому кожний має свою певну лінійку техніки для різних умов роботи. При виборі конкретного енергетичного засобу або с.-г. машини товаровиробник не завжди обирає той, який буде найефективнішим для його господарства. На техніку припадає від 25 до 40 % загальних витрат в залежності від техніки та технологій, які використовують у господарстві [0].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В технології виробництва с.-г. культур механізація технологічних процесів займає особливе місце. У наукових працях Погорілого Л.В. [6], Натанзона І.Й. [4], Фінна Е.А. [1, 2], Діденка М.К. [3], Мельника І.І. [5] та інших були глибоко досліджені питання комплектування машинних агрегатів для обґрунтування раціональних комплексів машин та машинно-тракторного парку, розроблені методики обґрунтування раціонального складу комплексу машин для виробництва с.-г. культур.

За дослідженнями Я. М. Михайловича кількість дієздатних тракторів з 2003 року скоротилась на тритину і на сьогодні складає майже 100 тис. одиниць. Також встановлено, що наявні в господарствах с.-г. машини не мають оптимальних умов зберігання, що знижує їх строк експлуатації [7].

Дослідженнями А. А. Демка встановлено, що кількість комбайнів не відповідає потребі, а наявні – гранично застарілі та спрацьовані, що веде до зниження врожаю під час збирання культур [8].

Формулювання мети статті. Метою даної статті є оптимізація машинно-тракторного парку господарств Сумської області.

Виклад основного матеріалу. Останніми роками господарствами Сумської області найбільше було придбано тракторів, комбайнів, ґрунтообробної техніки та сівалок (табл. 1).

Таблиця 1 – Моніторинг придбання техніки господарствами Сумської області

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Трактори	66	73	114	72	171	160	66	115
Ґрунтообробна техніка	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	260	73	109
Сівалки	79	99	72	66	88	105	51	74
Зернозбиральні комбайни	32	44	48	42	50	85	42	51
Борони дискові	32	46	77	68	112	72	25	40
Культиватори	58	82	41	35	38	29	17	33
Косарки	18	10	21	9	13	17	6	7
Плуги	20	18	7	5	30	14	6	5
Кормозбиральні комбайни	6	9	17	4	4	13	4	5
Бурякозбиральні комбайни	3	6	6	5	1	1	0	3

н/д – немає даних по цих раках.

Відповідно до моніторингу закупленої техніки та з метою наближення

науки до виробництва для аналізу використовуються відповідні с.-г. машини та енергетичні засоби.

Для дослідження основних техніко-експлуатаційних показників («Продуктивність», «Витрати палива», «Собівартість») використовувалась технологія вирощування зернових в області. Технологія вирощування розкладена на технологічні операції і по кожній досліджено машинні агрегати, які сьогодні використовуються господарствами і будуть актуальними у використанні ще певний час.

Так як лушення сьогодні актуальне як для класичної технології, так і для мінімального обробітку ґрунту дані показники при проведенні лушення представлені в табл. 2.

Таблиця 2 – Техніко-експлуатаційні показники машинних агрегатів для лушення

Агрегати	Продуктивність, га/год	Витрати палива, кг/га	Прямі експлуатаційні витрати, грн/га
К-701+ЛДГ-20	11,74	2,42	37,44
Білорусь-3022+ЛДГ-20	11,76	2,42	48,82
ХТЗ-17221+ЛДГ-15А	9,28	2,00	35,38
John Deere 8130+ЛДГ-15А	9,63	1,91	48,37
Білорусь-2022+ЛДГ-15А	9,33	2,02	41,48
Білорусь-2022+ЛДГ-10А	6,74	2,51	49,83
ХТЗ-17221+ЛДГ-10А	6,68	2,30	40,25
Білорусь-1021+ЛДГ-5А	3,62	2,45	40,68
ЮМЗ-6АКЛ+ЛДГ-5А	3,49	2,26	35,20
Білорусь-892+ЛДГ-5А	3,59	2,29	37,20

Аналіз роботи машинних агрегатів під час лушення за показником “продуктивність” (табл. 2) показує, що найвищу продуктивність мають агрегати у складі Білорусь-3022+ЛДГ-20 та К-701+ЛДГ-20. Але показник “витрати палива” у цих агрегатів є досить високим.

Агрегати, які мають мінімальну продуктивність, – ЮМЗ-6АКЛ+ЛДГ-5А, Білорусь-892+ЛДГ-5А, Білорусь-1021+ЛДГ-5А. Крім того, Білорусь-892+ЛДГ-5А та ЮМЗ-6АКЛ+ЛДГ-5А мають досить низьку собівартість виконання технологічної операції.

З переліку машинних агрегатів для лушення стерні за показником “витрати палива” вигідний у використанні John Deere 8130+ЛДГ-15А, але собівартість виконання операції цього машинного агрегату досить висока. Максимальні витрати палива в агрегаті Білорусь-2022+ЛДГ-10А.

За показником “прямі експлуатаційні витрати” вигідно використовувати ХТЗ-17221+ЛДГ-15А, Білорусь-892+ЛДГ-5А та ЮМЗ-6АКЛ+ЛДГ-5А.

З табл. 2 видно, що неефективно використовувати машинні агрегати Білорусь-2022+ЛДГ-10А та Білорусь-1021+ЛДГ-5А. Це є результатом неефективного комплектування за рахунок недовантаження трактора при такому комплектуванні з с.-г. машиною.

В табл. 2 наведені дані агрегування подібних тракторів ЮМЗ-6АКЛ та

Білорусь-892 з лушильником ЛДГ-5А, але їх вартість на операції буде різною. По собівартості виконання луцення ЮМЗ-6АКЛ+ЛДГ-5А майже на 6% економічно вигідніший аніж Білорусь-892+ЛДГ-5А. Цей факт пояснюється різною потужністю та вартістю тракторів, а значить і собівартістю проведення луцення. В недалекому минулому при виробництві с.-г. машин бралось до уваги з якими за потужністю тракторами вона може агрегатуватись. Це робилось з метою максимально ефективного використання потужності трактора, при цьому з чітким дотриманням агрономічних с.-г. машиною.

В зв'язку з тим, що галузь тваринництва досить слабка, то і поля недоотримують органічних добрив. За дослідженнями Сумського інституту АПВ сьогодні для отримання стабільних врожаїв необхідно в області на кожний га вносити по 8-12 т/га навозу, а в аграрний сектор може виробити максимум до 0,6т/га. А значить недостатню кількість макро- і мікроелементів необхідно компенсувати за рахунок мінеральних добрив. Так в табл. 3 представлений аналіз машинних агрегатів для розкидання мінеральних добрив.

Таблиця 3 – Техніко-експлуатаційні показники агрегатів для внесення мінеральних добрив

Агрегати	Продуктивність, га/год	Витрати палива, кг/га	Прямі експлуатаційні витрати, грн/га
John Deere 6830+MDS 1141	19,41	0,86	20,53
Білорусь-892+Vogballe M	8,80	1,23	28,36
ЮМЗ-6АКЛ+МВД-0,5	8,14	1,24	13,10
Білорусь-892+МВД-0,5	8,23	1,32	14,00
Білорусь-892+Vogballe L	8,45	1,00	16,26
ЮМЗ-6АКЛ+Vogballe L	8,35	0,83	14,83
ЮМЗ-6АКЛ+МВД-900	8,23	1,22	13,62
Білорусь-892+МВД-900	8,33	1,50	15,79

Порівнюючи машинні агрегати за показником “продуктивність” (табл. 3), отримали, що John Deere 6830+MDS 1141 має найвищу продуктивність, при цьому економічно витрачає паливо та за собівартістю внесення мінеральних добрив стосовно інших агрегатів недорогий.

Найнижчий показник продуктивності у машинного агрегату ЮМЗ-6АКЛ+МВД-0,5. Він має найнижчу собівартість внесення мінеральних добрив.

Найвищий показник “витрати палива” зафіксований у машинного агрегату Білорусь-1021+МВД-900.

Найвищий показник “прямі експлуатаційні витрати” має машинний агрегат Білорусь-892+Vogballe M і продуктивність його теж невисока.

В табл. 3 наведені дані агрегування подібних тракторів ЮМЗ-6АКЛ та Білорусь-892 з розкидачами Vogballe L та МВД-900, але їх вартість на операції буде різною. По собівартості проведення розкидання мінеральних добрив ЮМЗ-6АКЛ в агрегаті з Vogballe L вигідніший на 9%, а з МВД-900 – на 14% в порівнянні з конкурентом. Хоча енергетичні агрегати знаходяться в одному тяговому класі, а різниця у витратах є доволі високою.

Не дивлячись на інтенсивне впровадження технології No-till, класична

технологія з використанням плуга буде ще довгий час актуальна. В табл. 4 представлені машинні агрегати для проведення оранки.

При аналізі орних агрегатів було встановлено, що Massey Ferguson 8470+DP-9-8 та К-701+ППО-8-40 мають максимальну продуктивність, при цьому собівартість проведення оранки цими агрегатами найменша (табл. 4). Massey Ferguson 8470+DP-9-8 має витрати палива мінімальні, а К-701+ППО-8-40 значно більші. Найнижча продуктивність у машинного агрегату Білорусь-2022+ППО-4-40, при цьому собівартість проведення оранки та витрати палива даним агрегатом досить високі.

Найбільшу собівартість мають агрегати Білорусь-3022+John Deere 995, які витрачають при оранці найбільше палива.

Таблиця 4 – Техніко-експлуатаційні показники орних агрегатів

Агрегати	Продуктивність, га/год	Витрати палива, кг/га	Прямі експлуатаційні витрати, грн/га
John Deere 8130+John Deere 995	1,57	17,14	299,18
Massey Ferguson 8470+DP-9-8	1,92	14,73	249,04
Massey Ferguson 6499+DP-9-6	1,28	15,73	289,06
К-701+ППО-8-40	1,82	21,70	251,34
Білорусь-3022+John Deere 995	1,58	22,22	349,69
Білорусь-3022+ППО-8-40	1,80	21,40	324,83
Білорусь-2022+ППО-6-40	1,33	18,31	277,37
Білорусь-2022+ППО-5-40	1,15	18,72	289,76
Білорусь-2022+ППО-4-40	0,94	20,40	333,83
ХТЗ-17221+ППО-5-40	1,14	19,87	248,87

Для отримання високого врожаю необхідно оптимально підготувати ґрунт під посів. Зі збільшенням господарств за площею актуальним стає використання комбінованих високопотужних агрегатів. Але при цьому і фермерські господарства сьогодні успішно функціонують в області. В табл. 5 представлені результати досліджень використання комбінованих машинних агрегатів для підготовки ґрунту під посів.

Найвищу продуктивність порівняно з машинними агрегатами, що досліджуються, має John Deere 8230+Європак” Б622, при цьому і показник “прямі експлуатаційні витрати” у даного агрегату найвищий. ЮМЗ-6АКЛ+АГ-3, Білорусь-892+АГ-3 – агрегати, що мають низьку продуктивність (табл. 5). Ці агрегати мають відносно низькі значення показників “витрати палива” та “собівартості передпосівної культивуації” порівняно з іншими.

При аналізі показника “витрати палива” (табл. 5) було встановлено, що John Deere 8230+Європак” Б622 – досить енергоємний, а ЮМЗ-6АКЛ+УСМК-5,4Б – найекономніший.

В табл. 5 наведені дані агрегування подібних тракторів ЮМЗ-6АКЛ та Білорусь-892 з агрегатами для передпосівного обробітку ґрунту АГ-3. По собівартості проведення обробітку ґрунту ЮМЗ-6АКЛ в агрегаті з АГ-3 вигідніший на 9%.

Таблиця 5 – Техніко-експлуатаційні показники машинних агрегатів для передпосівного обробітку ґрунту

Агрегати	Продуктивність, га/год	Витрати палива, кг/га	Прямі експлуатаційні витрати, грн/га
John Deere 8230+Свропак” Б622	3,76	5,22	254,78
John Deere 8230+K800PS	4,88	4,36	123,06
John Deere 7830+K600PS	3,71	4,54	124,73
Massey Ferguson 6499+K600PS	3,74	5,10	124,45
Білорусь-2022+АГ-6	3,67	4,75	90,82
ХТЗ-17221+АГ-6	3,64	4,31	72,90
Білорусь-892+УСМК-5,4	2,33	3,17	56,53
ЮМЗ-6АКЛ+УСМК-5,4	2,27	2,56	52,19
ЮМЗ-6АКЛ+АГ-3	1,80	3,34	61,25
Білорусь-892+АГ-3	1,84	4,12	67,32

Сьогодні на ринку с.-г. машин великий вибір найрізноманітніших сівалок. В табл. 6 представлені різні варіанти посівних машинних агрегатів.

Таблиця 6 – Техніко-експлуатаційні показники посівних агрегатів

Агрегати	Продуктивність, га/год	Витрати палива, кг/га	Прямі експлуатаційні витрати, грн/га
John Deere 8230+K600PS+Accord D	3,67	5,87	267,78
Massey Ferguson 8470+K600PS+ +Accord D	3,69	6,14	261,52
Massey Ferguson 6499+Accord D	5,53	3,09	128,92
John Deere 8230+AGP 2516	5,43	4,14	101,94
К-701+AGP 2516	5,36	5,63	90,91
Білорусь-3022+AGP 2516	5,37	5,62	115,55
Білорусь-2022+Accord D	5,41	3,17	126,81
Білорус1021+Клен-6	4,03	2,27	69,80
ЮМЗ-6АКЛ+Клен-4,5	3,56	1,84	60,69
Білорусь-892+Клен-4,5	3,64	2,17	62,57

При порівнянні машинних агрегатів між собою виявлено, що максимальну продуктивність (табл. 6) мають машинні агрегати Massey Ferguson 6499+Accord D та John Deere 8230+AGP 2516. Ці агрегати мають і середній показник з витрати палива серед машинних агрегатів, які досліджуються.

Мінімальний показник “витрати палива” (табл. 6) у машинного агрегату ЮМЗ-6АКЛ+Клен-4,5. Показник собівартості в нього також найменший.

Максимальні витрати палива та витрати на сівбу озимого ріпаку має машинний агрегат John Deere 8230+K600PS+Accord D. У нього і продуктивність у порівнянні з іншими знаходиться на досить низькому рівні.

В табл. 6 наведені дані агрегування подібних тракторів ЮМЗ-6АКЛ та Білорусь-892 з сівалкою Клен-4,5. По собівартості проведення посіву посівний агрегат ЮМЗ-6АКЛ+Клен-4,5 на 3% дешевший ніж Білорусь-892+Клен-4,5.

Класичні, а тим паче сучасні інтенсивні технології вимагають істотного вилучання засобів захисту рослин. Тому в табл. 7 представлені причіпні оприскувачі.

Порівнюючи агрегати за продуктивністю виконання обприскування, отримуємо, що найпродуктивніший Білорусь-892+ОСШ-2500 (табл. 7). Цей агрегат є одним із найвигідніших на даній технологічній операції. Агрегат з найменшою продуктивністю – Білорусь-1021+Харди ТУ, але при цьому він має високі витрати палива та собівартість.

Найменший показник “витрати палива” виявлено у машинного агрегату ЮМЗ-6АКЛ+Маххор (табл. 7), при цьому собівартість обприскування даним машинним агрегатом найвища.

Таблиця 7 – Техніко-експлуатаційні показники машинних агрегатів для внесення засобів захисту рослин

Агрегати	Продуктивність, га/год	Витрати палива, кг/га	Прямі експлуатаційні витрати, грн/га
Білорусь-892+ОП-2000-2	11,01	0,84	12,24
ЮМЗ-6АКЛ+ОП-2000-2	9,79	0,80	12,52
John Deere 6830+Харди ТУ	7,13	1,20	32,72
Білорусь-1021+Харди ТУ	7,01	1,19	20,45
Білорусь-892+ОПШ-2000-2	11,00	0,84	14,37
ЮМЗ-6АКЛ+ОПШ-2000-2	9,79	0,81	14,91
Білорусь-892+ОСШ-2500	11,40	0,94	14,91
ЮМЗ-6АКЛ+ОСШ-2500	9,07	0,90	15,99

Аналізуючи собівартість проведення обприскування посівів агрегатом ОСШ-2500 встановлено, що його агрегування з енергетичним засобом Білорусь-892 є дешевшим на 7 % в порівнянні з ЮМЗ-6АКЛ. Це є наслідком ефективного комплектування машинного агрегату, тобто потужність енергетичного засобу використовується в повній мірі.

Мало виростити високий врожай. Його ще необхідно зібрати з найменшими втратами в мінімальні строки. Остання технологічна операція за списком, але не за значенням – це збирання. Результати дослідження комбайнів наведені в табл. 8.

Порівнюючи комбайни за продуктивністю, бачимо, що вона максимальна у Lexion 580 (табл. 8). Найменш продуктивний комбайн – КЗС-7. Він і за собівартістю виконання технологічної операції є найдешевшим з представлених. Низький показник витрат палива має комбайн Lexion-510. Найбільше витрачає палива комбайн КЗС-9, при цьому і собівартість у даного

комбайна одна з найбільших серед агрегатів, що аналізуються. Найбільші затрати при збиранні зернових встановлені у комбайна Massey Ferguson -7274, що є результатом високої вартості машини.

Таблиця 8 – Техніко-експлуатаційні показники зернозбиральних комбайнів

Агрегати	Продуктивність, га/год	Витрати палива, кг/га	Прямі експлуатаційні витрати, грн/га
Lexion-580	3,36	9,52	814,04
Lexion-510	2,04	7,22	874,72
Massey Ferguson -7274	2,60	11,26	917,18
Massey Ferguson -7245	2,14	12,80	800,11
КЗС-9	1,36	16,40	879,92
Дон-1500Б	1,53	13,56	702,72
КЗС-7	1,34	14,52	498,18
КЗС-1218	2,29	15,23	529,86
GS-12	2,30	15,48	527,18

Проведеним аналізом машинних агрегатів встановлено, що на всіх механізованих технологічних операціях за показником собівартості вигідно використовувати трактор ЮМЗ-6АКЛ, крім обприскування де вигідним є Білорусь-892. Для виявлення закономірності були проведені розрахунки вирощування озимого ріпаку за однакових ґрунтово-кліматичних умов та парку машин. Тільки в одній технології з використанням енергетичного засобу Білорусь-892, в другій – ЮМЗ6АКЛ. Результати приведено в табл. 9.

Таблиця 9 – Економічні показники вирощування озимого ріпаку з використанням енергетичних засобів Білорусь-892 та ЮМЗ6АКЛ

	ЮМЗ-6АКЛ	Білорусь-892
Прямі експлуатаційні затрати, грн.	71414,84	71902,95
Затрати робочого часу, люд*год	367,63	352,66
Загальна витрата дизельного палива, л	5997,83	6409,08
Кількість умовних гектарів	632,64	710,82
Собівартість умовного гектару, грн./ум.га	112,88	101,16
Зарплата, грн.	2592,99	2487,42
Вартість дизельного палива, грн.	26396,91	28206,84
Відрахування на амортизацію техніки, грн.:	27635,04	26850,61
Урожайність	2,42	2,44
Загальний прибуток, грн.	213021,42	215723,25
Коефіцієнт використання машинного парку	0,52	0,50

З аналізу табл. 8 встановлено, що у технології де використовується ЮМЗ-6АКЛ собівартість, загальні витрати та вартість дизельного палива менші ніж там, де використовується Білорусь-892. Це пояснюється тим, що вартість ЮМЗ-6АКЛ нижча, двигун має меншу потужність, а значить і витрати палива та його вартість будуть нижчими. Натомість затрати робочого часу та зарплата будуть меншими у випадку з використанням Білорусь-892. Це пояснюється підвищеною продуктивністю машинного агрегату на операціях. При цьому

врожайність буде вища при технології з використанням Білорусь-892, це результат більшої продуктивності. Адже кожен день та навіть кожна година затримки веде до зниження загального врожаю культури. За рахунок підвищеної продуктивності машинних агрегатів з використанням Білорусь-892 на кожному га іде збільшення врожаю на 20 кг. Так як технологія розраховувалась на 100 га в загальному заліку ми збільшуємо збір врожаю на 2 т. За рахунок цього збільшується і загальний прибуток у технології з використанням Білорусь-892.

Висновки: проведеними розрахунками були отримані основні техніко-експлуатаційні показники сучасних машинних агрегатів. При цьому дослідженнями встановлено, що низька собівартість проведення технологічної операції машинним агрегатом (на прикладі Білорусь-892 та ЮМЗ-6АКЛ) не завжди забезпечує оптимальний прибуток. Доведено, що при виборі енергетичного засобу та с.-г. машини необхідно розглядати їх ефективність в загальній технології виробництва культури, а не лише на операції.

Список використаних джерел

1. Губко В. Р. Питання методики і результати розрахунків машинно-тракторного парку на ЕОМ / В. Р. Губко, Е. А. Фінн, Л. М. Козакова ; голов. ред. В. С. Крамаров // Застосування математичних методів у дослідженнях складних процесів сільськогосподарського виробництва. – К. : Урожай, 1972. – С. 10–17.
2. Губко В. Р. Определение состава машинно-тракторного парка для хозяйств основных зон Украинской ССР / Губко В. Р., Финн Э. А., Варшавский М. Л. – К. : УкрНИИНТИ, 1972. – 44с.
3. Диденко Н. К. Обоснование состава комплексов машин для растениеводства / Н. К. Диденко, В. Д. Гречкосей, И. И. Мельник // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1980.– № 9. – С. 4–5.
4. Натанзон І. Й. Комплектування машинно-тракторного парку колгоспів і радгоспів різних зон УРСР. / Натанзон І. Й. – К. : Вид-во Укр. акад. с.г. наук, 1961. – 104с.
5. Оптимізація комплексів машин і структури машинного парку та планування технічного сервісу : навчальний посібник / [І. І. Мельник, В. Д. Гречкосій, В. В. Марченко та ін.]. – К. : ВВЦ НАУ, 2004.– 151с.
6. Погорельый Л. В. Применение методов системного анализа при испытаниях сельскохозяйственной техники / Л. В. Погорельый, В. В. Брей // Обзорная информация ЦНИИТЭИ В/О “Сельхозтехника”. – М. : ЦНИИТЭИ В/О “Сельхозтехника”, 1976. – 68 с.
7. Михайлович Я., Рубець А. Кого турбує стан парку тракторів // Пропозиція. – 2010. – № 1. – С. 102 – 107.
8. Демко А., Демко О. Ефективність використання мобільної сільгосптехніки // Пропозиція. – 2009. – № 7. – С. 108 – 111.
9. Технологічні карти та витрати на вирощування сільськогосподарських

культур з різним ресурсним забезпеченням / За ред. Д.І. Мазоренка, Г.Є. Мазнева. – Харків: ХНТУСГ. – 2006. – 725 с.

Аннотация

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ЭФФЕКТИВНОГО МАШИННОГО АГРЕГАТА ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ МЕХАНИЗИРОВАННОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОПЕРАЦИИ

Зубко В.М.

Проведен анализ технико-эксплуатационных показателей машинных агрегатов, которые сегодня используются в хозяйствах Сумской области и будут актуальными в использовании ближайшее время и исследованы экономические показатели производства озимого рапса с использованием в одном случае энергетического средства Беларусь-892, а во втором - ЮМЗ-6АКЛ.

Abstract

JUSTIFICATION OF THE CHOICE EFFECTIVE MACHINERY UNIT TO CARRY OUT THE TECHNOLOGICAL OPERATIONS

V. Zubko

The analysis of technical and operational parameters machine agregattas, which are currently used in the farms of Sumy region and bu-FLS relevant to use soon and investigate economic indicators of production winter rapeseed using in one case, the energy resources Belarus-892 and the second - UMZ -6AKL.

УДК 631.333

ОБГРУНТУВАННЯ ОТВОРІВ ДОЗУЮЧОГО УСТРОЮ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ШНЕКОВОГО РОЗПОДІЛЬЧОГО ОРГАНУ

Фесенко Г.В., к.т.н., доц.

Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка

Сівцов О.В., асп., Сівцов Ю.В., асп.

Полтавська державна аграрна академія

Обгрунтовані основні параметри отворів кожуха експериментального шнекового розподільчого органу з дозуючими устроями примусової подачі стосовно фізико-механічних властивостей сипучих мінеральних добрив.

Шнекові розподільчі органи, в яких кожух і шнек з'єднані між собою, характеризуються простотою конструкції і надійністю в роботі, до яких

відноситься і експериментальний шнековий розподільчий орган для внесення сипучих мінеральних добрив [1]. Показники подачі таких розподільчих органів в значній мірі залежать від інтенсивності процесу заповнення сипучим добривом обмеженої зони його дозуючого устрою, яка умовно відділена від зони підйому вертикальною площиною АВ, розташованою по осі симетрії кожуха, показаного на рис.1.

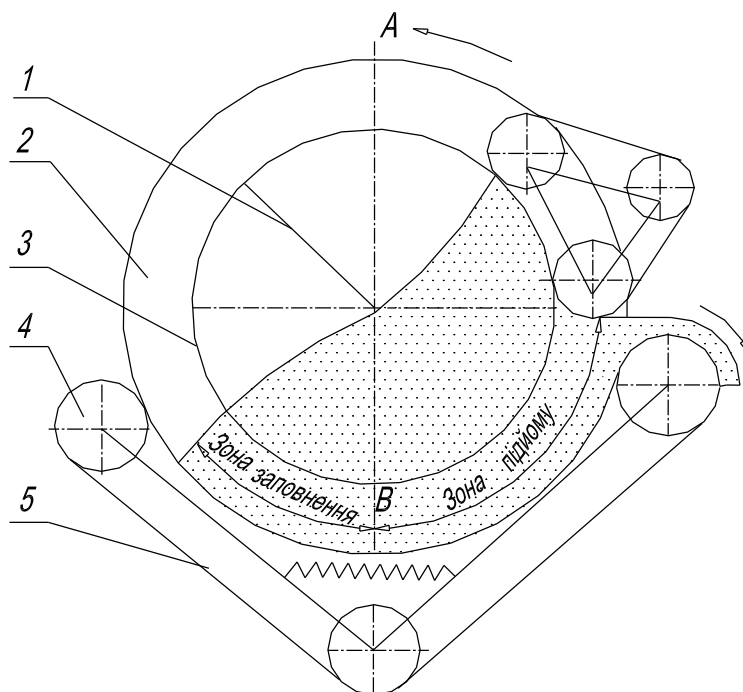


Рис. 1 – Схема експериментального шнекового розподільчого органу:

1 – шнек; 2 – кільця; 3 – кожух шнека; 4 – натяжний ролик; 5 – стрічка

Характер руху сипучих добрив через отвори кожуха в обмежену зону заповнення дозуючого устрою, що забезпечує задану подачу, залежить від їх пропускної здатності і обумовлюється наступною залежністю:

$$\sum_{i=1}^{i=n} q_i \geq Q_h, \quad (1)$$

де: q_i – пропускна здатність одного отвору, кг/с;

n – кількість отворів в кожусі зони заповнення обмеженого простору дозуючого устрою;

Q_h – подача дозуючого устрою шнекового розподільчого органу, кг/с.

При цьому, пропускна здатність отворів в значній мірі залежить від фізико-механічних властивостей мінеральних добрив, до яких відноситься розмір і форма їх часток, а також сипучість, яка характеризується здатністю просипатись через отвори, не утворюючи над ними склепінь [2]. Крім того, важливим показником властивостей сипучих мінеральних добрив являється їх кут природнього укусу, який визначає зону заповнення обмеженого простору

дозуючого устрою експериментального шнекового розподільчого органу.

Для своєчасного заповнення сипучим добривом обмеженого простору, що забезпечує стабільну роботу дозуючого устрою, необхідно, щоб проекція на горизонтальну площину кожного отвору в кожусі, під час його знаходження в зоні заповнення під найбільшим кутом β нахилу до горизонту, мала форму круга [3, 4] (рис.2).

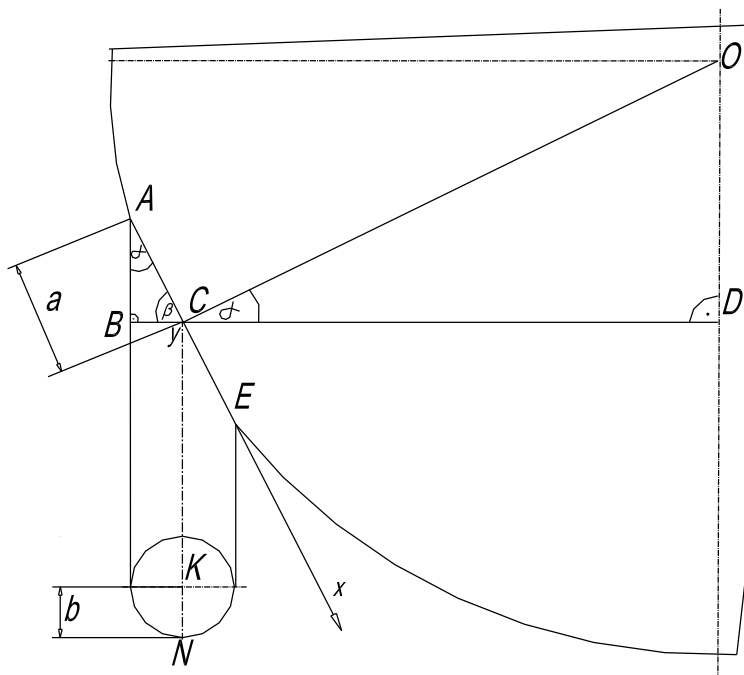


Рис. 2 – Розрахункова схема для визначення параметрів отворів кожуха шнекового дозуючого устрою

При цьому отвір в кожусі, представлений на рис.2 у вигляді проекції АЕ, матиме форму еліпса, в якому АС - велика піввісь (a), КN – мала піввісь (b), яка представляє радіус круга від проекції еліпсного отвору на горизонтальну площину. Приймавши осі еліпса за осі координат, можна представити еліпсний отвір у вигляді канонічного рівняння [5]:

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1, \quad (2)$$

Із подібності трикутників ABC і $ОСД$ видно, що кут α при вершині A дорівнює куту при вершині C . Виходячи із цього, значення великої піввісі a еліпсу можна визначити за наступною залежністю:

$$a = \frac{b}{\sin \alpha}. \quad (3)$$

Тоді канонічне рівняння отвору еліпсної форми, що знаходиться в зоні заповнення обмеженого простору дозуючого устрою шнекового розподільчого органу, матиме наступний вигляд:

$$\frac{x^2}{\left(\frac{b}{\sin \alpha}\right)^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1. \quad (4)$$

При цьому, величина кута α залежить від кута природнього укосу сипучих мінеральних добрив, який для різних їх видів стандартної вологості знаходиться в межах від 28 до 41 град.

Для забезпечення вільного просипання сипучих мінеральних добрив під дією сил гравітації через еліпсний отвір в кожусі без утворення над ним склепінь, проекція якого на горизонтальну площину представляє собою круг, по результатам досліджень відомих авторів його мінімальний діаметр знаходиться в межах $(8...30) \cdot 10^{-3}$ м, в залежності від їх фізико-механічних властивостей [2, 3, 4]. Зокрема, канонічне рівняння еліпсного отвору в кожусі, що розташований під кутом $\alpha = 28$ град., проекція якого на горизонтальну площу є круг діаметром $8 \cdot 10^{-3}$ м, матиме наступний вигляд:

$$\frac{x^2}{0,72 \cdot 10^{-4}} + \frac{y^2}{0,16 \cdot 10^{-4}} = 1. \quad (5)$$

Очевидно, що із зміною нахилу до горизонту еліпсних отворів їх проекція на горизонтальну площу буде також змінюватись і набуватиме форму еліпса, площа якого визначається по наступній залежності:

$$S = \pi \cdot b \cdot a \cos \beta. \quad (6)$$

Характер зміни проекції еліпсних отворів на горизонтальну площу під час обертання кожуха розподільчого органу представлений на рис.3, при цьому, кут нахилу еліпсних отворів зменшується в напрямку обертання кожуха.



Рис. 3 – Залежність площі проекції еліпсних отворів від їх кута нахилу β з наступними розмірами їх полувісів a і b :

1 - $a=1,72$ см, $b=0,8$ см; 2 - $a=1,27$ см, $b=0,6$ см; 3 - $a=0,85$ см, $b=0,4$ см.

Як видно із рис. 3, зменшення кута β нахилу еліптичних отворів кожуха призводить до збільшення площі їх проекції на горизонтальну площу, внаслідок чого підвищується їх пропускна здатність, що створює сприятливі умови заповнення обмеженої зони дозуючого устрою сипучим мінеральним добривом і стабільного їх переміщення в зоні підйому до виходу із розподільчого органу.

Список використаних джерел

1. Патент №91794 Україна, А 01С 15/00. Машина для внесення сипучих мінеральних добрив/ В.І. Пастухов, Г.В.Фесенко, Ю.В.Сівцов, О.В. Сівцов.- №200904885; заявл. 18.05.2009; опубл. 25.08.2010. Бюл.№16.
2. Кругляков М.Л., Физико-механические свойства новых видов минеральных удобрений / М.Л. Кругляков, А.М. Щербаков, Х.М. Черняк, М.Ф. Бурмистрова // Материалы научно-технического совета ВИСХОМ. – М.: ВИСХОМ, 1964. – С. 354 – 348.
3. Адамчук В.В. Обгрунтування параметрів гравітаційних висівних апаратів тукової шнекової сівалки / В.В. Адамчук // Вісник сільськогосподарської науки. – 1983. № 6. – С. 58 – 61.
4. Зенков Р.Л. Механика насыпных грузов / Р.Л. Зенков - М.: Машиностроение. 1964. – 251с.
5. Выгодский М.Я. Справочник по высшей математике / М.Я. Выгодский – М.: Наука. 1975. – 871 с.

Аннотация

ОБОСНОВАНИЕ ОТВЕРСТИЙ ДОЗИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ШНЕКОВОГО РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО ОРГАНА

Фесенко Г.В., Сивцов А.В., Сивцов Ю.В.

Обоснованы основные параметры отверстий кожуха экспериментального шнекового распределительного органа с дозирующим устройством принудительной подачи относительно физико-механических свойств сыпучих минеральных удобрений.

Abstract

GROUND OF OPENINGS OF BATCHING DEVICE OF EXPERIMENTAL SCREW DISTRIBUTIVE ORGAN

G. Fesenko, A. Sivtsov, Y. Sivtsov

The basic parameters of openings of casing of experimental shnekovogo distributive organ are grounded with the dozyruyuchym device of the forced serve in relation to mechanical properties of friable mineral fertilizers.

УПРАВЛЕНИЕ СРОКАМИ ВЫПОЛНЕНИЯ ПОЛЕВЫХ РАБОТ

Мельник В.И., д.т.н., Чигрина С.А., инж.

*Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства
имени Петра Василенко*

Применительно к условиям Харьковской области изучается взаимосвязь между оптимальными сроками проведения полевых работ в растениеводстве, крутизной и экспозицией склонов на которых располагаются поля. Полученные данные рекомендуется использовать для минимизации потребности в технике.

Постановка проблемы. В структуре себестоимости продукции растениеводства наибольшую долю уже много лет неизменно занимают совокупные расходы на механизацию. Вторая позиция приходится на химизацию [1]. Если подробнее изучить этот вопрос, то обнаружится, что химизация в значительной мере является попыткой минимизировать затраты на технику. Так борьба с сорняками могла бы выполняться более экологичным, но к сожалению и более затратным механизированным методом, а выполняется, зачастую, путем применения гербицидов, нанося колоссальный вред окружающей среде и человечеству в том числе. Особенно в этом “преуспели” аграрии дальнего зарубежья, особенно США [2]. Мы же в дальнейшем остановимся на повышении эффективности машиноиспользования заботясь об увеличении годовой выработки техники, не прибегая к ее замене чем либо. В конечном итоге это позволит расширить применение механизированных обработок почвы взамен химических и тем самым попутно улучшить экологичность земледелия в целом.

Состояние вопроса. Повысить годовую выработку, имеющейся техники наряду с иными мероприятиями, можно тремя способами: первый — увеличением объемов выполнения одноименных работ за счет увеличения размеров полей [3,4]; второй — увеличением разнообразия выполняемых работ, в том числе и на разных полях за счет ухода от монокультуры и применения севооборота [5]; третий — смещением сроков выполнения одноименных работ на одноименных полях разных севооборотов [6]. В настоящей работе мы остановимся на последнем. Его смысл состоит в том, что учитывая рельеф и почвенноклиматические условия, которые складываются в хозяйстве на каждом из полей в отдельности, грамотно располагая одноименные поля разных севооборотов можно сместить оптимальные сроки выполнения одноименных полевых работ и тем самым увеличить удельную загрузку имеющейся техники.

Известно, что суточный ход температуры почвы зависит от экспозиции склонов, т.е. от того, как ориентирован наклон данного участка поверхности поля по отношению к сторонам света. Ночное излучение одинаково на склонах любой ориентации, но дневное нагревание почвы наибольшее на южных склонах и наименьшее на северных [7]. Весной, когда солнце стоит еще низко

над горизонтом, на широте Москвы увеличение южного склона только на один градус как бы переносит местность к климату на 100 км южнее [8]. В конечном итоге это сказывается на смещении оптимальных сроков проведения одноименных полевых работ.

Целью настоящих исследований является получение практически ценной информации, т.е. математических выражений и корректирующих коэффициентов, применив которые можно было бы прогнозировать сроки выполнения полевых работ на полях с разной крутизной и экспозицией склонов.

Результаты исследований. Поставленную цель реализуем на примере имеющихся многолетних данных по Харьковской области (табл. 1).

Таблица 1 – Среднегодовое наступление мягкопластического состояния почвы и перехода среднесуточной температуры воздуха через +5°С в местах расположения метеостанций Харьковской области

Месторасположение метеостанции			Дата перехода температуры воздуха через +5° С	Дата наступления мягкопластического состояния почвы
Населенный пункт	Широта	Долгота		
1	2	3	4	5
1. г. Золочев	50°17'00"	35°58'12"	01 марта	11 апреля
2. г. Богодухов	50°09'39"	35°30'59"	01 марта	08 апреля
3. пос. Приколотное В-Бурлукского р-на	50°09'31"	37°21'24"	01 марта	12 апреля
4. г. Харьков	50°00'00"	36°15'00"	31 марта	09 апреля
5. п.г.т. Коломак	49°50'24"	35°17'56"	31 марта	10 апреля
6. пос. Комсомольский Змеевского р-на	49°35'54"	36°31'41"	29 марта	05 апреля
7. г. Купянск	49°22'23"	37°37'00"	29 марта	06 апреля
8. г. Красноград	49°22'19"	35°27'25"	30 марта	07 апреля
9. г. Изюм	49°13'26"	37°17'29"	28 марта	05 апреля
10. г. Лозовая	48°53'21"	36°18'58"	30 марта	06 апреля

Применяемая в работе методика (исключая конкретные значения дат и коэффициентов) остается справедливой для всей территории Украины, но, все же, корректнее ее применять для умеренно холмистой местности. В горных районах Западной части Украины более значимыми могут оказаться иные факторы, а, значит, для них, вероятно, понадобятся некоторые корректировки методики. Для южных равнинных районов она не применима вовсе, по причине исчезновения самого предмета исследований.

Чтобы выяснить под каким углом солнечный луч падает на горизонтальную поверхность в конкретной точке Земли с заданной широтой и долготой обратимся к астрономическим методам [9]. Для изучения расположения и движения Солнца по отношению к Земле воспользуемся

сферической системой координат, в которой положение тела определяется двумя углами и расстоянием. При этом положение светила (Солнца) M удобно проецировать на небесную сферу рис. 1, под которой понимаем сферу произвольного радиуса с центром в точке наблюдения O , которая находится на Земле. Для наблюдателя вращение небесной сферы воспроизводит суточное движение светил на небе. Положение точки наблюдения O на Земле определяются географической широтой φ и долготой λ .

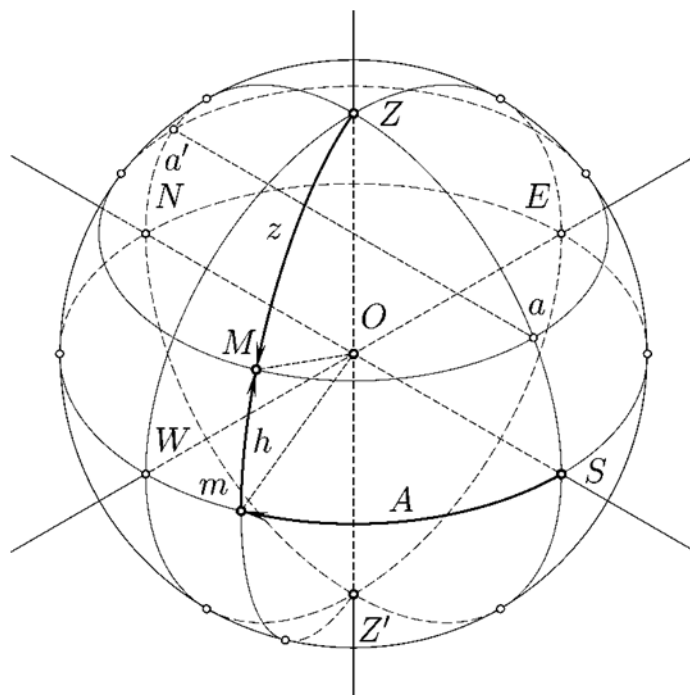


Рис. 1 – Небесная сфера и горизонтальная система координат

Прямая ZOZ' , проходящая через центр O небесной сферы и совпадающая с направлением нити отвеса в месте наблюдения, называется отвесной, или вертикальной линией. Она пересекается с поверхностью небесной сферы в двух точках: в зените Z , над головой наблюдателя, и в диаметрально противоположной точке - надире Z' .

Большой круг небесной сферы $SWNE$, плоскость которого перпендикулярна к отвесной линии, называется математическим горизонтом. Он делит поверхность небесной сферы на две половины: видимую для наблюдателя, с вершиной в зените Z , и невидимую, с вершиной в надире Z' .

Малый круг небесной сферы aMa' , проходящий через светило, плоскость которого параллельна плоскости математического горизонта, называется альмукантаратом светила.

Точки E и W на окружности математического горизонта именуют точками востока и запада. Линия NOS перпендикулярна EOW и называется полуденной линией. Ее положение определяется направлением плоскости $SZNZ'$ в истинный полдень, когда Солнце находится максимально высоко над линией математического горизонта $SWNE$.

С учетом принятых обозначений, положение Солнца на небесной сфере можно задать двумя угловыми координатами: h высота светила над горизонтом

и A азимут светила. В истинный полдень $A = 0$. При этом h достигает своего максимального значения $h|_{A=0} = h_{max}$. Для вычисления h иногда удобно пользоваться зенитным расстоянием z . Это также угловая величина. Для зенитного расстояния z и высоты светила h всегда справедливо соотношение [9]

$$z + h = 90^\circ \quad (1)$$

Поскольку климат в данной местности в первую очередь определяется высотой хода светила, чем больше $h|_{A=0} = h_{max}$ тем теплее, то в дальнейшем мы будем подразумевать, что $A = 0$, а обозначения h и h_{max} – тождественны.

Если пренебречь рядом нюансов, то для Солнца связь между географической широтой φ точки O на местности и высотой светила h определяется выражением [9]

$$h = 90^\circ - \varphi + \delta, \quad (2)$$

где δ – склонение Солнца, которое вычисляется по формуле [10]

$$\delta = 23,45 \cdot \sin\left(360 \cdot \frac{284 + n}{365}\right), \quad (3)$$

где $n \in \{1, 2, \dots, 365\}$ – порядковый номер дня, который отсчитывается от 1-го января.

Из выражения (2) видно, что изменение высоты светила на один градус можно получить переместившись на Юг (по линии долготы – меридиану) также на один градус, или примерно на 111 км [9].

По срокам созревания почвы, прогрева воздуха и наступления оптимальных агроклиматических условий для посева или посадки сельхозкультур перемещение на Юг на столь значительные расстояния безусловно скажется весьма существенно. Разница в сроках составит минимум несколько дней. Похожего эффекта можно добиться если сравнивать два поля, которые находятся на одной и той же широте (возможно почти по соседству), но отличающиеся направлением и величиной склона. Чем больше южный склон и чем больше территория для которой он характерен, тем больше смещение упомянутых сроков. Разумеется нельзя ожидать, что наклон поля на один градус на Юг по агротехническим срокам будет полностью эквивалентен перемещению на Юг на те же 111 км. Об этом речь не идет. Можно говорить лишь о положительной корреляции между величиной склона и смещением упомянутых сроков. Можно также определить максимальные (предельные) значения смещения этих сроков. Они равны тем смещениям, которые характерны для данной местности при изменении широты на один градус.

Рассмотрим вероятностную связь между сроками, приведенными в табл. 1 и широтой мест нахождения метеостанций, для которых определены эти сроки, а также выполним линейную аппроксимацию, имеющих данных, выражением

$$n_i = k_i^\varphi \varphi + b_i^\varphi, \quad (4)$$

где: n – порядковый номер дня наступления оптимальных агротехнических условий для i -го события;
 φ – географическая широта, для которой определяется оптимальный срок;
 k_i^φ и b_i^φ – угловой коэффициент и смещение (статистические величины).

Угловой коэффициент k_i^φ показывает на сколько дней сместятся оптимальные сроки i -го события если широта местности изменится на единицу. С другой стороны k_i^φ это искомое предельное значение смещения сроков, которое можно ожидать на полях, склоны которых отличаются на ту же угловую единицу. Чем более идентичны поля, и чем они больше по размеру, тем ближе фактическое смещение сроков к величине k_i^φ .

На рис. 2 представлены графики линейной аппроксимации, представленных в табл. 1, дат в их взаимосвязи с широтой мест расположения метеостанций.

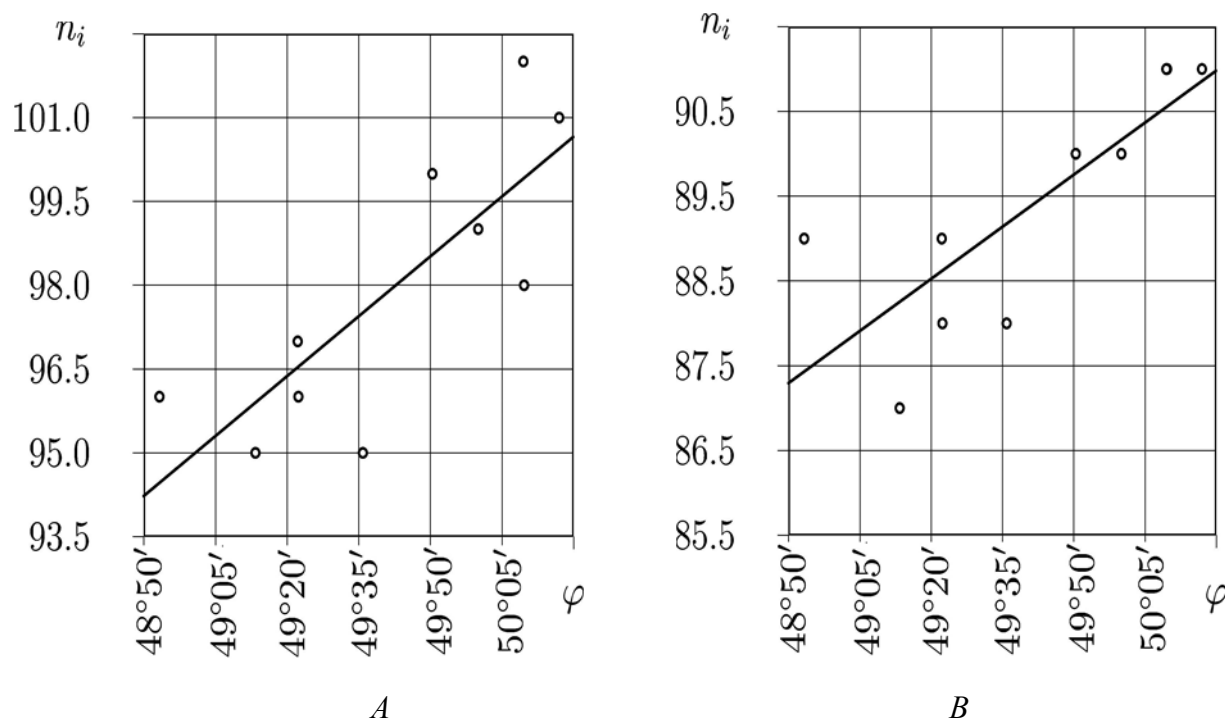


Рис. 2 – Линейная аппроксимация вероятностно-функциональных связей между географической широтой мест расположения метеостанций Харьковской области и среднегодовыми датами наступления мягкопластического состояния почвы (А) и перехода среднесуточной температуры воздуха через $+5^\circ \text{C}$ (В)

Из графиков видна устойчивая закономерность между величиной широты (φ) местности и сроками наступления агротехнически обусловленных событий (табл. 1).

Аналогичным образом была проведена линейная аппроксимация, представленных в табл. 1, дат, рассматриваемых во взаимосвязи с долготой λ

мест расположения метеостанций

$$n_i = k_i^\lambda \lambda + b_i^\lambda \quad (5)$$

где: k_i^λ и b_i^λ – угловой коэффициент и смещение (статистические величины).

Угловой коэффициент k_i^λ показывает на сколько дней сместятся оптимальные сроки i -го события, если долгота местности изменится на единицу. С углом и направлением склона поля величины k_i^λ и b_i^λ не должны быть связаны.

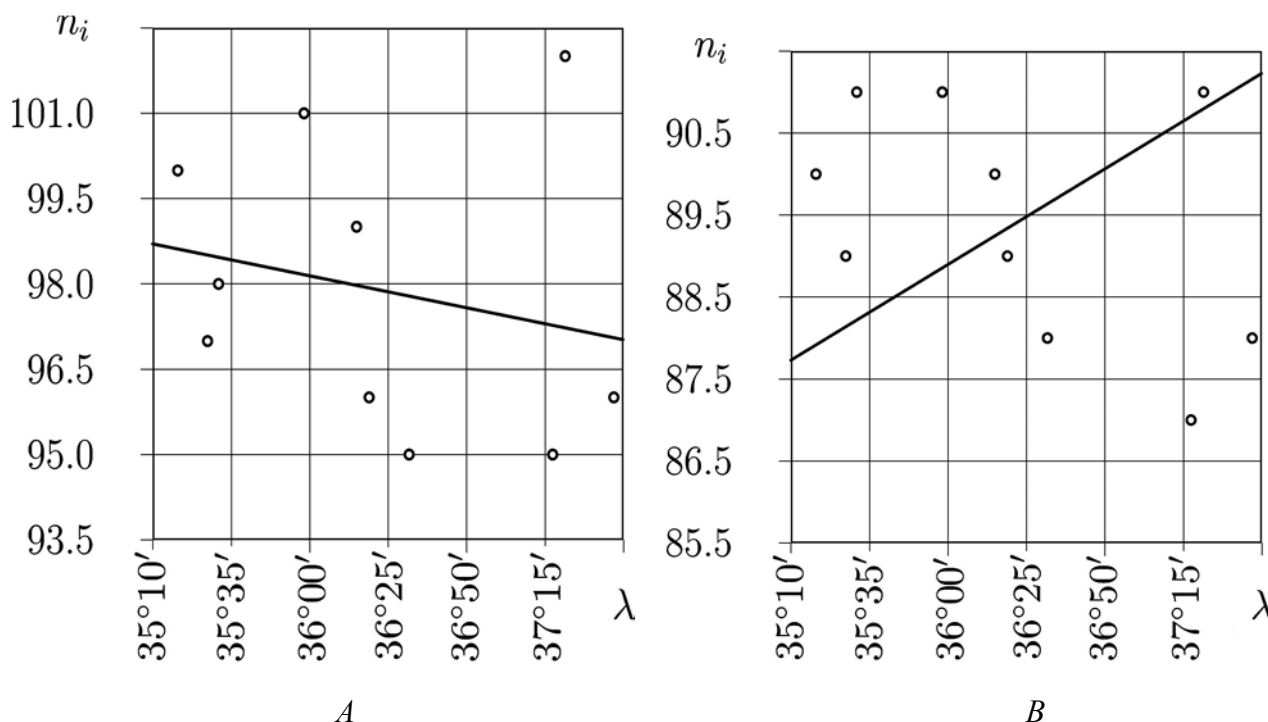


Рис. 3 – Линейная аппроксимация вероятностно-функциональных связей между географической долготой мест расположения метеостанций Харьковской области и среднемноголетними датами наступления мягкопластического состояния почвы (А) и перехода средне суточной температуры воздуха через +5° С (В)

В табл. 3 представлены угловые коэффициенты k_i^φ и k_i^λ для аппроксимирующих прямых и коэффициенты корреляции Пирсона $\mathbb{R}_{(\varphi, n_i)}$ и $\mathbb{R}_{(\lambda, n_i)}$.

Из анализа коэффициентов корреляции Пирсона $\mathbb{R}_{(\varphi, n_i)}$ (табл. 3), отражающих вероятностно-функциональные связи между географической широтой месторасположения метеостанций Харьковской области и датами наступления ряда агротехнически обусловленных событий видно, что они всегда положительны $\mathbb{R}_{(\varphi, n_i)} \in [0,80; 0,81]$. В связи с этим положительными являются и значения угловых коэффициентов k_i^φ . Интервал возможных значений $k_i^\varphi \in [2,4573; 4,2874]$ указывает на то, что при изменении наклона поля в направлении Север-Юг на один градус может привести к смещению

оптимальных агротехнических сроков выполнения полевых работ на 2—4 дня. Минимальное возможное смещение оптимальных сроков характерно для посева ранних зерновых культур и составляет 2 дня на градус наклона поля, а максимальное (4 дня) — для начала проведения весенних полевых работ. Есть общая тенденция — чем позже оптимальный срок агротехнического события, тем больше возможное смещение его в случае негоризонтального поля.

Таблица 3 – Результаты математической обработки вероятностно-функциональных связей между географической широтой или долготой мест расположения метеостанций Харьковской области и датами наступления ряда агротехнически обусловленных событий

Статистическое событие	Коэффициент корреляции Пирсона		Угловой коэффициент		Номер рисунка	
	$R_{(\varphi, n_i)}$ –с широтой	$R_{(\lambda, n_i)}$ –с долготой	k_i^φ — для широты	k_i^λ — для долготы	Для широты	Для долготы
1	2	3	4	5	6	7
1. Дата наступления мягкопластического состояния почвы	0,80	-0,22	4,2874	-0,6738	2А	3А
2. Дата перехода температуры воздуха через +5° С	0,81	0,82	2,4573	1,3995	2В	3В

Из анализа коэффициентов корреляции Пирсона $R_{(\lambda, n_i)}$ (табл. 3), отражающих вероятностно-функциональные связи между географической долготой мест расположения метеостанций Харьковской области и датами наступления ряда агротехнически обусловленных событий видно, что они не всегда положительны и по абсолютному значению укладываются в интервал $|R_{(\lambda, n_i)}| \in [0,22; 0,82]$. В связи с этим не всегда положительными являются и значения угловых коэффициентов k_i^λ . Их интервал, возможных абсолютных значений, следующий – $k_i^\lambda \in [0,6738; 1.3995]$.

Из этого следует, что изменение положения поля по долготе в меньшей степени сказывается на смещении интервалов оптимальных сроков проведения изучаемых агротехнических мероприятий. Кроме того, нет однозначности между тем в какую сторону может произойти ожидаемое смещение сроков. Следует также заметить, что сама корреляция между оптимальными сроками проведения агротехнических мероприятий и долготой места расположения метеостанций во многом связано с тем, что сами широты и долготы мест расположения метеостанций существенно коррелируют между собой - $R_{(\varphi, \lambda)} = -0,25$. В первую очередь именно с этим связано наличие корреляций $R_{(\lambda, n_i)}$ (табл. 3). Исключить эту взаимосвязь можно если рассмотреть данные по минимально удаленных от Харьковской области метеостанций. В таком случае часть из тех метеостанций, данные которых мы приводили выше, можно было бы исключить из рассмотрения. Причем выполнять это необходимо таким

образом, чтобы минимизировать корреляцию $R_{(\varphi, \lambda)}$. Все это можно было бы выполнить, если бы информация по метеостанциям была открыта для исследователей. В рыночных условиях такая информация является коммерческой и получение ее требует оплаты. В связи с этим в текущей работе проведен анализ только тех данных, которые доступны авторам.

Выводы

1. Наклон поля в направлении Север-Юг приводит к смещению агротехнически обусловленных сроков.
2. При размещении одноименных полей разных севооборотов необходимо позаботиться о том, чтобы величина и направление склона полей (по линии Север-Юг) не совпадали. Это позволит разнести во времени сроки проведения полевых работ и уменьшить накладки. В конечном итоге это приведет к снижению потребности в технике.
3. Смещение сроков проведения полевых работ, вызванное расположением поля на склоне, для Харьковской области может составить 2-4 дня на каждый градус уклона. Этот эффект может усиливаться и ослабевать в зависимости от вариаций по виду почв, наличию/отсутствию посадок и пр.
4. Расположение поля по долготе в меньшей степени сказывается на смещении интервалов оптимальных сроков проведения изучаемых агротехнических мероприятий.
5. Приведенный выше метод минимизации потребности в технике является самым экономически выгодным и самым экологически эффективным, т.к. он не требует никаких финансовых затрат и не предполагает увеличения интенсивности воздействия на окружающую среду.
6. Реализовать, предлагаемые в работе, преимущества можно только в условиях крупноплощадного земледелия, основанного на повсеместном применении севооборотов. Это также экологически важный положительный аспект.

Список использованных источников

1. Економіка технічного забезпечення сільського господарства за рубежом [Текст]// Новини агротехніки. – 2000. – №2. – С. 10-13.
2. Сайко В. Актуальні проблеми землеробства: простих шляхів мінімалізації обробітку ґрунту не буває [Текст] / В. Сайко // Техніка АПК. – 2008. – №1. – С. 8-14.
3. Мельник, В.І. Оцінка потреби сільгосп підприємств в техніці [Текст]/ В.І.Мельник, С.А.Чигрина // Праці / Таврійський державний агротехнологічний університет – Мелітополь: ТДАТУ, 2008. – Вип. 8. – Т. 1. – С. 58-65.
4. Мельник, В. І. Ефективність використання техніки на полях з різною довжиною гону [Текст]/ В.І.Мельник, С.А.Чигрина // Механізація

- сільськогосподарського виробництва: Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Вип. 75, Т. 2 / Харків: Друкарня ФОП Червяк В.Є., 2008. – С. 42-45.
5. Мельник, В.И. Потребность в технике как функция специализации и размера хозяйства [Текст]/ В.И.Мельник, С.А.Чигрина // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2009. – №4. – С. 8-12.
 6. Мельник, В.И. Микроклимат каждого из полей, как фактор влияния на темпы проведения работ и потребность в технике [Текст]/ В.И.Мельник, С.А.Чигрина // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Вип. 39 / Кіровоград: КНТУ, 2009. – С. 319-325.
 7. Михеев, В.А. Климатология и метеорология [Текст]: учеб. пособие / сост. В.А.Михеев //— Ульяновск: УлГТУ, 2009. – 114 с.
 8. Русин, Н.П. Климат сельскохозяйственных полей [Текст]/ Н.П.Русин. – Л., Гидрометеиздат, 1955 – 76 с.
 9. Кононович, Э.В. Общий курс астрономии [Текст]: учеб. пособие / Э.В.Кононович, В.И.Мороз; под. ред. В.В.Иванова. – [изд. 2-е, испр.]. – М.: Едиториал УРСС, 2004. - 544 с.
 10. Джамаль В. Хусейн. Оптимизация угла наклона солнечных коллекторов в гелиосистеме [Текст]/ Джамаль В. Хусейн, А.Е.Денисова, А.В.Дорошенко // Труды Одесского политехнического университета. Вип. 2(28) / Одесса: ОПИ, 2007. – С. 1-6.

Анотація

УПРАВЛІННЯ СТРОКАМИ ВИКОНАННЯ ПОЛЬОВИХ РОБІТ

Мельник В.І., Чигрина С.А.

Стосовно умов Харківської області вивчається взаємозв'язок між оптимальними термінами проведення польових робіт в рослинництві, та експозицією схилів на яких знаходяться поля і кутом їх нахилу. Отримані дані рекомендується використовувати для мінімізації потреби в техніці.

Abstract

MANAGEMENT TERMS OF IMPLEMENTATION OF THE FIELD WORKS

V. Melnik, S. Chygryna

As it applies to the terms of the Kharkov area intercommunication is studied between the optimum terms of leadthrough of the field works in a plant-grower, a steepness and display of slopes on which is dispose the fields. It is recommended to use findings for minimization a requirement in a technique.

К ВОПРОСУ ТЕПЛОВОЙ ЗАЩИТЫ ОТКРЫТОЙ АГРОЭКОСИСТЕМЫ В ПЕРИОД ЗАМОРОЗКА ПУТЁМ РАСПЫЛЕНИЯ ЖИДКОСТИ

Пастухов В.И., д.т.н., проф., Рудницкая А.В., инж., Минячихин А.В., м.н.с.,
Рудницкий Е.Н., асп.

*Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства
имени Петра Василенко*

Предложен метод замедления радиационного охлаждения почвы путём постановки туманной завесы и оценена длительность «жизни» завесы в зависимости от условий окружающей среды.

Введение. Весной в период цветения и завязывания плодов довольно часто по ночам наблюдаются заморозки, когда температура воздуха опускается ниже нуля, держится в течение 3-4 часов и более. При этом переохлаждение плодовых и ягодных культур, особенно их саженцев, находящихся в открытом грунте, приводит к повреждению завязей, обмораживанию кроны и корневой системы. Это, в свою очередь, влечёт частичное повреждение саженцев или полную их гибель. Весенние заморозки могут произойти во время цветения деревьев. Цветки плодовых деревьев весьма чувствительны к понижениям температуры и погибают уже при 1,5-2 градусах мороза. Наиболее подвержены губительному действию весенних заморозков сады, расположенные в низинных долинах и в замкнутых котловинах, куда стекает и долго задерживается холодный воздух. Поэтому решение вопроса поддержания заданного теплового режима агроэкосистемы является весьма важной задачей.

Постановка проблемы. Имеется участок сада с заданной геометрической формой и рельефом. Известны структура насаждения культур, а также геометрические размеры междурядья и высота растений. Заданы предельно допустимые значения температур воздуха, не травмирующие растения и обеспечивающие их выживаемость. Известны природно-климатические характеристики и параметры региона возделывания плодово-ягодных культур. При этом актуальной является задача обеспечения заданного теплового режима открытой агроэкосистемы – садов и питомников саженцев, находящихся в открытом грунте, в экстремальные промежутки времени года. Особо эти вопросы волнуют садоводов в трёх основных экстремальных периодах года: при первых осенних заморозках (-5°C , -10°C и ниже); в зимний период (-15°C , -20°C и ниже); при первых весенних заморозках (-1°C , -2°C и ниже). Кратковременные заморозки не так опасны, как продолжительные, хотя последние менее значительные по силе.

Анализ литературных источников. Дождевание издавна применяется для защиты садов от заморозков [1, 2, 3]. В литературе [4] рассмотрено явление радиационного заморозка, основной причиной которого является преобладание

теплового радиационного потока от почвы над поступающим к ней тепловым потоком от более тёплого воздуха. Также в [4] рассмотрено явление скрытого заморозка, при котором температура листа или цветка растения может быть ниже предельной допустимой температуры для текущей фазы вегетации, в то время как температура воздуха может быть в несколько раз больше предельно допустимой температуры.

В работе [5] была уточнена модель теплового состояния листа с учётом возможной конденсации влаги на листьях при их охлаждении.

Основной материал. При радиационном заморозке понижение температуры листа может происходить за счет теплообмена излучением с более холодными телами, в качестве которых выступают почва и небо. Поскольку отражательная способность (альбедо) почвы, как правило, хуже, чем листьев, то в соответствии с законами Стефана-Больцмана и Кирхгофа [6, 7] при одинаковой температуре тело с меньшей отражательной способностью излучает больше, чем тело с большей отражательной способностью. В нашем случае это означает, что почва будет охлаждаться быстрее, чем листья, а листья будут сильнее охлаждаться от радиационного теплообмена с почвой, нежели с атмосферой. Если нам удастся остановить или замедлить радиационное охлаждение почвы, то и заморозок может не наступить.

В данной работе предлагается замедлить радиационное охлаждение почвы путём постановки туманной завесы и оценить «время жизни» этой завесы в зависимости от условий окружающей среды.

Постараемся оценить потерю тепловой энергии почвой за счёт излучения в безоблачное небо на основе подходов изложенных в литературе [4, 5]. В данной работе значения отражательной способности были приняты равными 0,05 для почвы и 0,15 для листьев и цветков. Примем допустимую температуру листа равной $+2^{\circ}\text{C}$, это значение несколько выше предельной допустимой температуры для цветков и листьев яблони и груши, это превышение температуры обеспечивает некоторый запас по времени для проведения мероприятий защиты от заморозка.

Удельный радиационный тепловой поток излучающей поверхности определится на основе закона Стефана-Больцмана [6, 7]:

$$q_r = \varepsilon \cdot \sigma_0 \cdot T^4, \quad (1)$$

где: ε – степень черноты тела, по закону Кирхгофа ($\varepsilon = 1 - A$);

A – альбедо (отражательная способность) поверхности;

T – температура поверхности, К;

σ_0 – константа излучения Стефана-Больцмана абсолютно черного тела ($\sigma_0 = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}^4)$).

Удельный тепловой поток собственного излучения почвы:

$$q_{r \text{ soil}} = \varepsilon_{\text{soil}} \cdot \sigma_0 \cdot T_{\text{soil}}^4, \quad (2)$$

где: T_{soil} – температура в Кельвинах;

ε_{soil} – коэффициент черноты поверхности почвы.

Удельный тепловой поток собственного излучения листа запишется следующим образом:

$$q_{r,leaf} = \varepsilon_{leaf} \cdot \sigma_0 \cdot T_{leaf}^4, \quad (3)$$

где: T_{leaf} – температура в Кельвинах;
 ε_{leaf} – коэффициент черноты поверхности листа.

При безоблачном небе удельный радиационный тепловой поток от атмосферы на единицу площади поверхности запишется так [8]:

$$q_{r,a} = \varepsilon_a \cdot \sigma_0 \cdot T_a^4 = \sigma_0 \cdot \left(0,526 + 0,0065 \cdot \sqrt{p_{va}}\right) \cdot T_a^4, \quad (4)$$

где: p_{va} – парциальное давление паров воды (Па) в атмосферном воздухе при соответствующей влажности.

При рассмотрении радиационного теплообмена необходимо учитывать тот факт, что тела не только излучают собственную, но и отражают полученную извне энергию, сумму собственного излучения тела и отраженного излучения называют эффективным излучением. Результирующий тепловой поток установившийся между телами равен разности эффективных тепловых потоков от тел. Для двух непрозрачных бесконечных параллельных пластин удельный результирующий тепловой поток запишется так:

$$q_{r,12} = \varepsilon_{12} \cdot \left(\sigma_0 \cdot T_1^4 - \sigma_0 \cdot T_2^4\right), \quad (5)$$

где: ε_{12} – приведенная степень черноты системы тел, равная

$$\varepsilon_{12} = \frac{1}{1/\varepsilon_1 + 1/\varepsilon_2 - 1}. \quad (6)$$

Из формулы (5) видно, что при равенстве температур тел результирующий тепловой поток равен нулю.

В том случае, когда одно из плоскопараллельных тел не отражает падающее на него излучение, т.е. оно может только пропускать и излучать тепловой поток, результирующий тепловой поток запишется так (тело 1 отражает и поглощает, тело 2 только поглощает):

$$q_{r,12} = \varepsilon_1 \cdot \left(\sigma_0 \cdot T_1^4 - \varepsilon_2 \cdot \sigma_0 \cdot T_2^4\right). \quad (7)$$

Для нашей задачи атмосферный воздух обладает свойствами тела 2 из соотношения (7), в итоге получим для результирующего теплового потока между почвой и воздухом:

$$q_{r,sa} = \varepsilon_{soil} \cdot \left(\sigma_0 \cdot T_{soil}^4 - \varepsilon_a \cdot \sigma_0 \cdot T_a^4\right). \quad (8)$$

С помощью соотношений (1) – (8) получены результаты, представленные

на рисунке 1.

На рисунке 1 представлены удельный радиационный результирующий тепловой поток между атмосферным воздухом и поверхностью почвы, при различной относительной влажности атмосферного воздуха и при температуре почвы равной температуре листа.

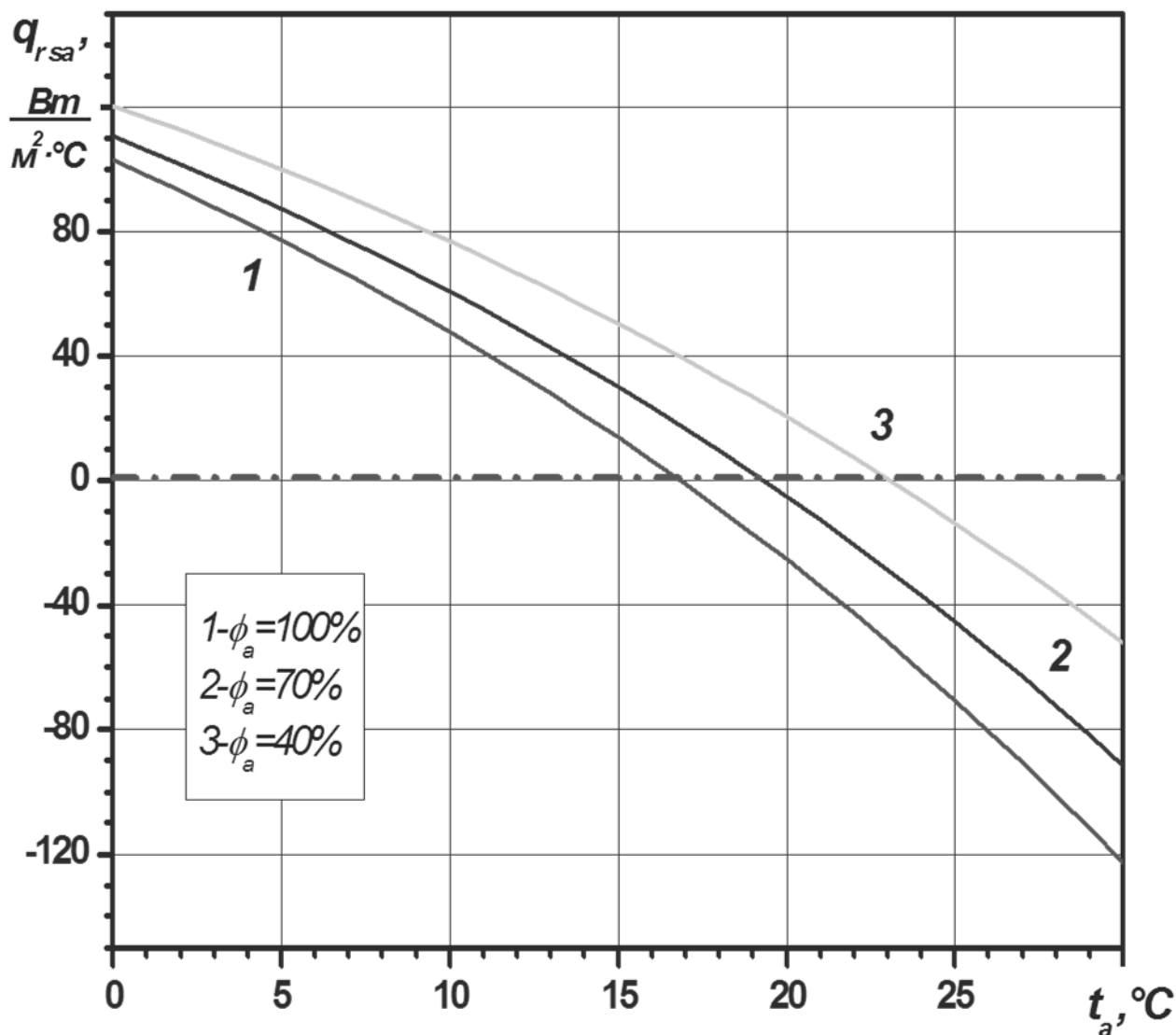


Рис.1 – Удельный радиационный результирующий тепловой поток от воздуха, почвы и листа в зависимости от температуры воздуха и относительной влажности 1, 2, 3 – воздух при относительной влажности 100%, 70%, 40% соответственно

Как видно из рисунка 1, для того чтобы результирующий радиационный тепловой поток между почвой при температуре $+2^\circ C$ и воздухом равнялся нулю, необходимо чтобы температура воздуха при относительной влажности воздуха 40%, 70%, 100% составляла $23^\circ C$, $19^\circ C$ и $17^\circ C$ соответственно.

Полученные результаты дают приближённую оценку величины теплообмена между почвой и воздухом, поскольку не учитывают конвективного теплообмена между почвой и воздухом и накопленной теплоты почвы.

Одним их эффективных методов снижения радиационного потока от почвы к атмосфере при проведении мер по защите сада (открытой агроэкосистемы) от заморозка является дымление [1, 2, 3].

Известно, что при малых размерах частиц (воздушная дымка) инфракрасное излучение рассеивается меньше, чем видимое излучение (что используется в инфракрасной фотографии), а при больших размерах капель (густой туман) инфракрасное излучение рассеивается так же сильно, как и видимое излучение.

Для защиты сада от радиационного заморозка предлагается осуществить постановку теплоизолирующей туманной завесы. Одними из важных характеристик туманной среды являются размер капель их скорость оседания и время испарения.

Скорость оседания капли – это скорость свободного падения, которая достигается при достижении равновесия между всеми силами, действующими на каплю [9].

В нашем случае (рисунок 2) на каплю будет действовать:

- 1) сила тяжести – F_g ,
- 2) сила аэродинамического сопротивления – F_d ,
- 3) архимедова сила F_{Ar} .

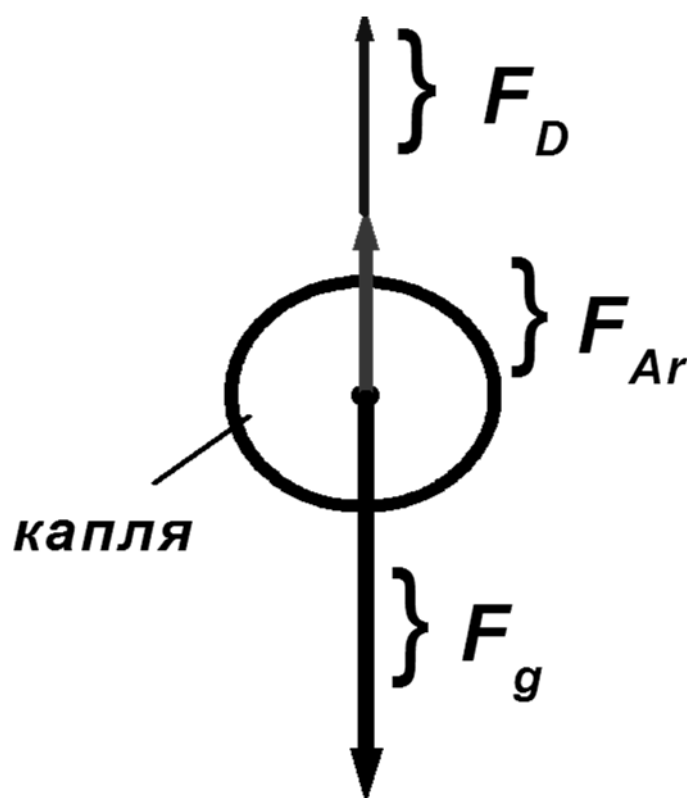


Рис.2 – Силы действующие на падающую каплю

Сила аэродинамического сопротивления направлена противоположно вектору движения капли, в нашем случае противоположно силе тяжести, архимедова сила также направлена противоположно вектору силы тяжести [9]:

$$\overline{F_g} = \overline{F_D} + \overline{F_{Ar}}. \quad (9)$$

Примем каплю за твёрдую сферу. Величины силы тяжести капли (10), архимедовой силы (11) и силы аэродинамического сопротивления (12) запишутся так:

$$F_g = m_d \cdot g = V_d \cdot \rho_d \cdot g = \frac{\pi \cdot d^3}{6} \cdot \rho_d \cdot g, \quad (10)$$

$$F_{Ar} = V_d \cdot \rho_0 \cdot g = \frac{\pi \cdot d^3}{6} \cdot \rho_0 \cdot g, \quad (11)$$

$$F_D = A_d \cdot C_D \cdot \frac{\rho_0 \cdot (W_d - W_0)^2}{2}, \quad (12)$$

где: m_d , V_d , A_d – масса, объем, площадь поперечного сечения капли (нижний индекс d);

ρ_d , ρ_0 – плотности капли и атмосферного воздуха;

W_d – скорость оседания капли,

W_0 – скорость движения окружающего воздуха в нашей задаче равна нулю.

Коэффициент аэродинамического сопротивления является функцией безразмерного числа Рейнольдса и для твёрдой сферы в области вязкого обтекания равен [9]:

$$C_D = \frac{24}{\text{Re}_d}, \quad (13)$$

где число $\text{Re}_d = \frac{\rho_0 \cdot |W_d - W_0| \cdot d}{\mu_0}$ выражает соотношения между силами инерции и

силами вязкости. Из соотношений (9) – (13) Стоксом [9] была получена формула для вычисления скорости оседания капли:

$$W_d = \frac{d^2 \cdot (\rho_d - \rho_0) \cdot g}{18 \cdot \mu_d}. \quad (14)$$

Скорость испарения оценим по формуле Максвелла [10]:

$$I = 2 \cdot \pi \cdot d \cdot D \cdot (c_d - c_0), \quad (15)$$

где: D – коэффициент диффузии,

c_d – концентрация водяного пара возле капли;

c_0 – концентрация водяного пара в атмосферном воздухе.

В таблице 1 представлены скорость оседания, время прохождения 1 м пути (время жизни туманной завесы) и скорость испарения капель различного диаметра в воздухе с относительной влажностью 90%.

Таблица 1 – Скорость оседания капли, время прохождения и скорость испарения капель различного диаметра

d , мкм	W_d , м/с	τ , с	I , кг/с
2,5	$1,9673 \cdot 10^{-4}$	5083,19	$3,3067 \cdot 10^{-13}$
5,0	$7,8691 \cdot 10^{-4}$	1270,80	$6,6135 \cdot 10^{-13}$
10,0	$3,1476 \cdot 10^{-3}$	317,70	$1,3227 \cdot 10^{-12}$
20,0	$1,2591 \cdot 10^{-2}$	79,42	$2,6454 \cdot 10^{-12}$
40,0	$5,0362 \cdot 10^{-2}$	19,86	$5,2908 \cdot 10^{-12}$
80,0	$2,0145 \cdot 10^{-1}$	4,96	$1,0582 \cdot 10^{-11}$
100,0	$3,1476 \cdot 10^{-1}$	3,18	$1,3227 \cdot 10^{-11}$

Видно, что с увеличением диаметра капли растёт скорость оседания и тем самым уменьшается возможное время жизни туманной завесы из-за опускания капель на землю.

Выводы

1. Полученные результаты (удельный радиационный результирующий тепловой поток от воздуха, почвы и листа в зависимости от температуры воздуха и относительной влажности) дают приближённую оценку величины теплообмена между почвой и воздухом, поскольку не учитывают конвективного теплообмена между почвой и воздухом и накопленной теплоты почвы.
2. Чтобы результирующий радиационный тепловой поток между почвой при температуре $+2^{\circ}\text{C}$ и воздухом равнялся нулю, необходимо чтобы температура воздуха при относительной влажности воздуха 40%, 70%, 100% составляла 23°C , 19°C и 17°C соответственно.
3. Рассчитаны скорость оседания, время прохождения 1 м пути и скорость испарения капель различного диаметра в воздухе с относительной влажностью 90%. С увеличением диаметра капли растёт скорость оседания и, тем самым, уменьшается возможное время жизни туманной завесы из-за опускания капель на землю.
4. Полученные данные позволяют обосновать выбор распыляющего оборудования для постановки туманной завесы.

Список использованных источников

1. Гольцберг И.А. Агроклиматическая характеристика заморозков в СССР и методы борьбы с ними / Ида Артуровна Гольцберг. – Л.: Гидрометеоиздат, 1961. – 198 с.
2. Г.Г.Ольховский. Борьба с заморозками. – М.: Наркомиздат, 1919. – 41с.
3. Красиков П.Н. Борьба с заморозками при помощи дымов и туманов // Труды главн. геофизической обсерватории. – Вып. 72-74. – Л.: Гидрометеоиздат, 1948. – С. 84-99.
4. Чудновский А.Ф. Заморозки / Абрам Филлипович Чудновский, под ред. акад. А.Ф.Иоффе. – М.: Гидрометеоиздат, 1949. – 124 с.

5. Оценка мощности источника теплоты для обеспечения теплового режима агроэкосистемы / В.И.Пастухов, М.Г.Сандомирский, А.В.Рудницкая, А.В.Минячихин, Е.Н.Рудницкий // Вісник ХНТУСГ імені Петра Василенка. Випуск 93 «Механізація сільськогосподарського виробництва». Харків – 2010. – Т.1., С.63-71
6. Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел А.С. Теплопередача // Учебник для вузов, Изд. 3-е перераб., доп. – М.: Энергия, 1975. – 488 с.
7. Михеев М.А. Основы теплопередачи / М.А.Михеев, И.М.Михеева – Изд. 2-е, стереотип. – М.: Энергия, 1977. – 344 с.
8. Комплексное исследование и моделирование взаимосвязанных процессов переноса тепла, влаги и водорастворимых соединений в почвогрунтах / Бровка Г.П., Дедюля И.В., Ровдан Е.Н., Сычевский В.А. // Труды IV Минского Международного Форума по тепло- и массообмену (22-26 мая 2000 г.). Том 8. Тепломассообмен в капиллярно-пористых телах. – Минск: АНК «ИТМО имени А.В. Лыкова» НАНБ, 2000. – С.135-144.
9. Страус В. Промышленная очистка газов / Вернер Страус, пер с англ. – М.: Химия, 1981. – 616 с.
10. Фукс Н.А. Испарение и рост капель в газообразной среде / Николай Альбертович Фукс. – М.: Издательство академии наук СССР, 1958. – 90 с.

Анотація

ДО ПИТАННЯ ТЕПЛООВОГО ЗАХИСТУ ВІДКРИТОЇ АГРОЕКОСИСТЕМИ В ПЕРІОД ЗАМОРОЗКУ ШЛЯХОМ РОЗПИЛЕННЯ РІДИНИ

Пастухов В.І., Рудницька Г.В., Мінячихін А.В., Рудницький Є.М.

Запропоновано уповільнення радіаційного охолодження ґрунту шляхом постановки туманної завіси і оцінена тривалість «життя» завіси в залежності від умов оточуючого середовища.

Abstract

TO THE QUESTION OF THERMAL PROTECTION OPEN AGROECOSYSTEM IN THE FROST BY LIQUID DISPERSION

V. Pastukhov, A. Rudnytskaya, A. Minyachikhin, Y. Rudnytskiy

Delay of radiating cooling of soil by statement of a foggy veil is offered and duration of «life» of a veil depending on environment conditions is suggested.

ОПТИМІЗАЦІЯ СЕКУНДНОЇ ПОДАЧІ СТЕБЕЛ В ЛЬОНОЗБИРАЛЬНИЙ КОМБАЙН

Лімонт А.С., к.т.н., доц.

Житомирський національний агроекологічний університет

Узагальнені і проаналізовані експериментальні дані про секундну подачу стебел на робочі органи комбайна при збиранні льону-довгунця. Досліджено втрати насіння від недоочісування стебел та їх відхід в плутанину залежно від секундної подачі стебел в очісувальний апарат льонозбирального комбайна.

Постановка проблеми. В Україні та інших державах, що виникли на теренах колишнього Радянського Союзу, на збиранні льону-довгунця знаходять використання льонозбиральні комбайни ЛК-4Т та їх модифікації. Підвищити технологічну і економічну ефективність льонарства можна крім інших заходів і зменшенням втрат урожаю льоносировини при збиранні льону-довгунця. У цій статті пропонується висвітлити деякі з питань проблеми механізованого збирання вказаної культури, впровадження яких у практику льонарства сприятиме відродженню галузі.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. В останні роки вивченням механізованих операцій при збиранні льону-довгунця займалися В.М. Булгаков, Р.Н. Гілязетдінов, А.Ю. Горбовий, В.Ф. Дідух, М.К. Лінник, В.І. Макаєв, О.О. Налобіна, О.В. Сидорчук, Г.А. Хайліс, А.О. Шарибура, В.О. Шейченко та ін. У працях науковців висвітлені постановні питання з наукового забезпечення льонарства, енергетичні властивості машин та якісні показники їх роботи, а також елементи теоретичних основ використання машинних агрегатів на збиранні льону-довгунця. При опрацюванні наукових основ використання льонозбиральних комбайнів, що мають різні робочі органи і переважно транспортуючі, визначення їхньої пропускної спроможності за кількістю стебел, які поступають в одиницю часу в комбайн, слід вважати ще не з'ясованим. Проте деякі напрацювання в цьому напрямі відомі. Так, при обґрунтуванні швидкості руху льонозбиральних комбайнових агрегатів, що мають в'язальний апарат, визначена секундна подача стебел в цей складовий елемент машини. За даними [8] ця подача становить 4000 ст./с, а за [2] – 4000...4500 ст./с. Необхідно з'ясувати секундну подачу стебел в комбайн і за якістю їх очісування, використовуючи показники втрат насіння і відходу стебел в плутанину.

Мета дослідження полягала у з'ясуванні передумов оптимізації секундної подачі стебел в льонозбиральні комбайни для підвищення ефективності їх використання.

Завдання дослідження: 1) визначити секундну подачу стебел льону-довгунця в комбайн за дослідними даними густоти стеблостою на 1 м² поля, робочими шириною захвату і швидкістю руху збирального агрегату; 2)

проаналізувати втрати насіння від недоочісування стебел очісувальним барабаном комбайна залежно від секундної подачі стебел; 3) дослідити відхід стебел в плутанину при їх очісуванні очісувальним барабаном комбайна за різної кількості стебел, що поступають в комбайн за 1 секунду.

Об'єкт та методика дослідження. Об'єктом дослідження був процес очісування стебел очісувальним апаратом льонозбирального комбайна ЛК-4Т. Густиоту стеблостою перед збиранням визначали за методикою [7], а втрати насіння від недоочісування стебел, відхід їх в плутанину і швидкість руху комбайна – за методиками, що наведені у праці [3]. Робоча ширина захвату комбайна становила 1,52 м. В дослідженні використані експериментальні дані М.Н. Бикова [1] про відхід в плутанину, чистоту їх очісування, густиоту стеблостою перед збиранням, ширину захвату і швидкість руху комбайна та експериментальні дані Л.А. Сулими і О.Я. Дюртеєвої [9] про втрати насіння від недоочісування стебел, густиоту стеблостою, ширину захвату і швидкість руху комбайна.

Обробка одержаних, зібраних і опрацьованих даних здійснена з використанням методів кореляційно-регресійного аналізу [5, 6, 10], а визначення кореляційних відношень результативних ознак по факторіальній здійснено за методикою [11]. В дослідженнях М.Н. Бикова [1] та Л.А. Сулими і О.Я. Дюртеєвої [9] густиота стеблостою становила відповідно 1330 і 1513 шт./м². Власні дослідження здійснені на полі з густиоту стеблостою 1450 шт./м² [4].

Секундну подачу стебел в льонозбиральний комбайн визначали за формулою:

$$q_{ст} = b_p v_p G_{ст} / 3,6, \quad (1)$$

де: $q_{ст}$ – секундна подача стебел в льонозбиральний комбайн (стебел за секунду), ст./с;

b_p – ширина захвату комбайна, м, $b_p = 1,52$ м;

v_p – робоча швидкість руху льонозбирального комбайнового агрегату, км/год;

$G_{ст}$ – густиота стеблостою перед збиранням, шт./м².

Результати досліджень. З використанням інформації про густиоту стеблостою перед збиранням льону-довгунця комбайновим агрегатом та робочі ширину захвату і швидкість його руху визначили кількість стебел культури, що поступають впродовж однієї секунди в комбайн. Цю кількість стебел називатимемо секундною подачею стебел в комбайн. Секундна подача стебел визначена як факторіальна ознака, а результативними – прийняті втрати насіння від недоочісування стебел $B_{нн}$ (%) і відхід стебел в плутанину $B_{сп}$ (%).

Кореляційний аналіз експериментальних даних зміни втрат насіння залежно від секундної подачі стебел в комбайн засвідчив про від'ємний статистичний зв'язок між досліджуваними ознаками з коефіцієнтом кореляції мінус 0,702. Отже, із збільшенням секундної подачі стебел втрати насіння від недоочісування зменшуються. Для з'ясування характеру цього зменшення експериментальні значення факторіальної і результативної ознак нанесли на

рисунок.

Вирівнювання експериментальних значень втрат насіння $B_{\text{нн}}$ (%) залежно від секундної подачі стебел $q_{\text{ст}}$, стебел за секунду (ст./с), здійснено за декількома апроксимуючими функціями:

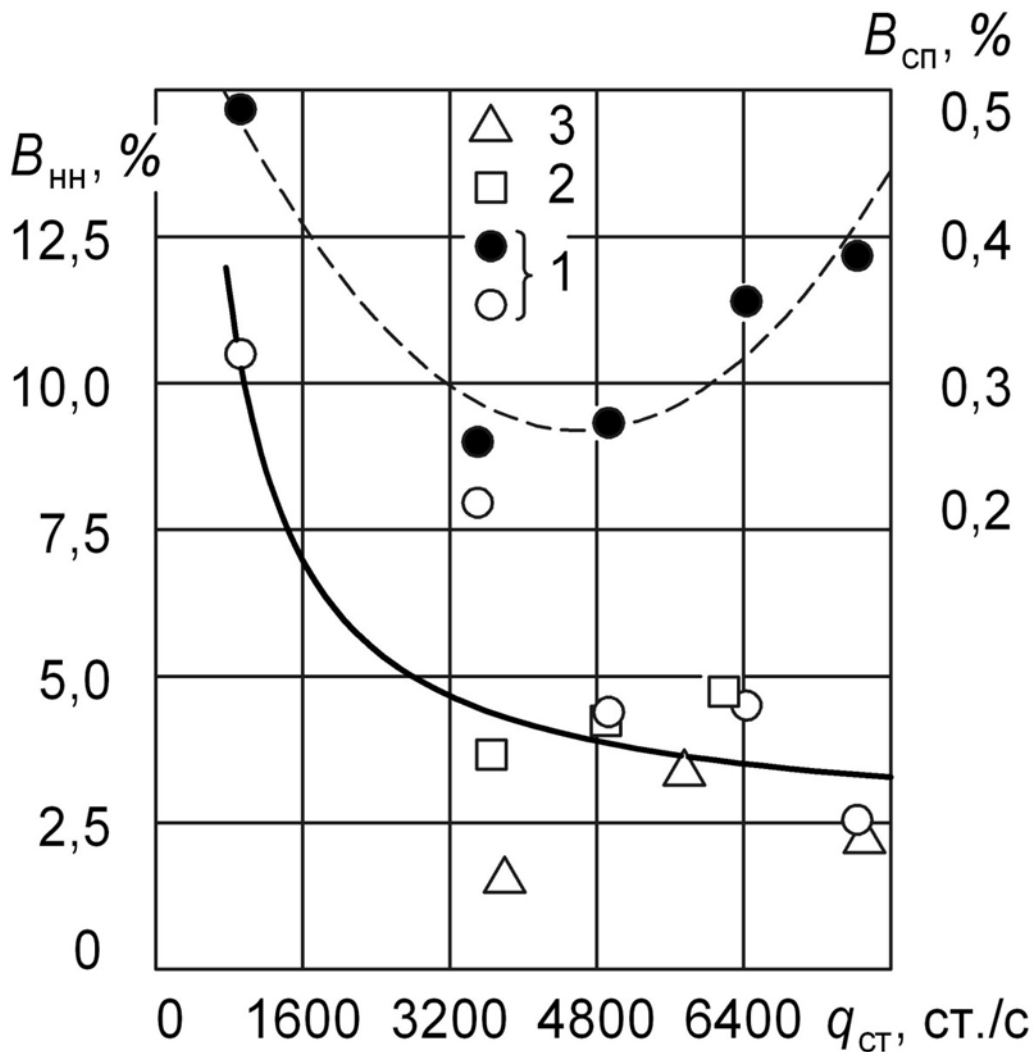


Рисунок – Зміна втрат насіння $B_{\text{нн}}$ від недоочісування (суцільна лінія) і відходу стебел в плутанину $B_{\text{сп}}$ (пунктирна) залежно від секундної подачі стебел $q_{\text{ст}}$ в комбайн:

1 – дані, що одержані з використанням результатів досліджень М.Н. Бикова [1];

2 – те ж Л.А. Сулими і О.Я. Дюртеєвої [9]; 3 – дані власних досліджень

- прямолінійною з від'ємним кутовим коефіцієнтом:

$$B_{\text{нн}} = 8,3894 - 8,275 \cdot 10^{-4} q_{\text{ст}} \text{ при } R^2 = 0,333;$$

- показовою

$$B_{\text{нн}} = 6,784 \cdot 0,9998831^{-q_{\text{ст}}} \text{ при } R^2 = 0,153;$$

- експоненціальною

$$B_{\text{нн}} = 6,784 \exp(-1,1695 \cdot 10^{-4} q_{\text{ст}}) \text{ при } R^2 = 0,153;$$

- степенною

$$B_{\text{нн}} = 242,726 \cdot q_{\text{ст}}^{-0,4945} \text{ при } R^2 = 0,261;$$

- логарифмічною

$$B_{\text{нн}} = 31,791 - 3,271 \cdot \ln q_{\text{ст}} \text{ при } R^2 = 0,504;$$

- параболою другого порядку

$$B_{\text{нн}} = 12,627 - 0,00317 \cdot q_{\text{ст}} + 2,694 \cdot 10^{-7} \cdot q_{\text{ст}}^2 \text{ при } R^2 = 0,524,$$

де: R^2 – коефіцієнт, що визначає ступінь наближення експериментальних значень втрат насіння до таких, які одержані внаслідок апроксимації відповідною функцією.

З наведених апроксимуючих функцій найближче наближення до експериментальних даних забезпечує їх вирівнювання параболою другого порядку. Вирівнювання за такою залежністю дозволяє вести пошук екстремального значення секундної подачі стебел в комбайн.

Проте найкраще наближення до експериментальних даних виявилось у разі їх апроксимації гіперболічною залежністю, за якої $R^2 = 0,579$. Рівняння цієї залежності має вигляд:

$$B_{\text{нн}} = 2,352 + 7393,974q_{\text{ст}} \quad (2)$$

при

$$\eta = 0,793; \lambda_{\text{пв}} = 0,35; k_{\text{д}} = 0,629 \text{ і } S_y = 1,52\%,$$

де: $B_{\text{нн}}$ – втрати насіння від недоочісування, %;

$q_{\text{ст}}$ – секундна подача стебел в комбайн, ст./с;

η – кореляційне відношення втрат насіння від недоочісування по секундній подачі в комбайн;

$\lambda_{\text{пв}}$ – показник оцінювання вирівнювання експериментальних даних апроксимуючою функцією, що являє відношення основної помилки вирівнювання (1,59%) до середнього значення втрат насіння (4,52%);

$k_{\text{д}}$ – коефіцієнт детермінації, що характеризує силу впливу факторіальної ознаки на результативну;

S_y – помилка рівняння (2) криволінійної регресії, що її визначали за середнім квадратичним відхиленням втрат насіння (2,49%) та кореляційним відношенням $B_{\text{нн}}$ по $q_{\text{ст}}$.

Порівняння значень коефіцієнта кореляції між $B_{\text{нн}}$ і $q_{\text{ст}}$ та кореляційного відношення $B_{\text{нн}}$ по $q_{\text{ст}}$ підтверджує наявність криволінійного зв'язку між $B_{\text{нн}}$ і $q_{\text{ст}}$. Показник оцінювання вирівнювання експериментальних даних втрат насіння гіперболічною залежністю (2), що дорівнює 0,35, перевищує значення, яке визначає умову задовільного вирівнювання [6].

В таблиці наведені результати дисперсійного аналізу секундної подачі стебел в комбайн за втратами насіння від недоочісування у разі їх апроксимації гіперболічним рівнянням (2). З таблиці видно, що рівняння (2) адекватно описує експериментальні дані на рівні значущості 0,01, оскільки

спостережуваний F -критерій за розрахунками менший від табличного за числа ступенів вільності чисельника 1 та знаменника 9, які є входами в таблицю квантилів F -розподілу [5].

Таблиця – Результати дисперсійного аналізу секундної подачі стебел в комбайн за втратами насіння від недоочісування

Джерело мінливості	Сума квадратів	Число ступенів вільності	Середній квадрат	Спостережу-ваний F -критерій	Табличний F -критерій на рівні значущості α [5]		
					0,10	0,05	0,01
Гіперболічна регресія	25,3563	1	25,3563	5,32	3,36	5,12	10,56
Залишок	42,8820	9	4,7647				
Сума	68,2383	10					

За значенням коефіцієнта детермінації варіація секундної подачі стебел в комбайн на 63% причинно зумовлює варіацію втрат насіння від недоочісування. Решта 37% не поясненої дисперсії викликані впливом на втрати насіння інших факторів, які не розглядали в цьому дослідженні.

Аналіз рівняння (2) показує, що найбільш інтенсивно зменшуються втрати насіння при збільшенні секундної подачі до 2000 ст./с. При збільшенні секундної подачі від 4000 до 5000 ст./с, від 5000 до 6000, від 6000 до 7000 та від 7000 до 8000 ст./с втрати насіння зменшуються відповідно на 0,37%; 0,25; 0,17 та 0,14%, тобто зменшення втрат насіння знаходиться в межах помилки рівняння (2) криволінійної регресії, що дорівнює 1,52%. Крива, що побудована за рівнянням (2), наведена суцільною лінією на рисунку.

Вільний член рівняння (2) являє асимптоту, до якої наближаються втрати насіння від недоочісування внаслідок підвищення секундної подачі стебел в комбайн. Ця асимптота і відповідно втрати насіння становлять орієнтовно 2,4%.

Кореляційний аналіз даних щодо відходу стебел в плутанину $B_{\text{сп}}$ і секундної подачі стебел $q_{\text{ст}}$ в комбайн показав, що між $B_{\text{сп}}$ і $q_{\text{ст}}$ існує кореляційний зв'язок, який характеризує від'ємний коефіцієнт кореляції 0,319. За чисельним значенням визначеного коефіцієнта кореляції між вказаними досліджуваними ознаками можна відмітити середній кореляційний зв'язок. В той же час графічний аналіз експериментальних даних, які наведені на рисунку, свідчить, що цей зв'язок є криволінійним і успішніше всього його можна описати увігнутою параболою другого порядку. У разі апроксимації зміни $B_{\text{сп}}$ залежно від $q_{\text{ст}}$ увігнутою параболічною залежністю R^2 -коефіцієнт становить 0,922. Після визначення коефіцієнтів регресії рівняння параболі має вигляд:

$$B_{\text{сп}} = 0,597 - 1,427 \cdot 10^{-4} q_{\text{ст}} + 1,547 \cdot 10^{-8} q_{\text{ст}}^2 \quad (3)$$

при

$$\eta = 0,960; \lambda_{\text{пв}} = 0,074; k_{\text{д}} = 0,922 \text{ і } S_y = 0,023\%,$$

де: $B_{\text{сп}}$ – відхід стебел в плутанину, %.

Показник оцінювання вирівнювання експериментальних значень відходу стебел в плутанину параболічною залежністю (3), що дорівнює 0,074, значно менший 0,1, яка прийнята за умову задовільного вирівнювання [6]. Тому за значеннями R^2 -коефіцієнта та показника $\lambda_{\text{пв}}$ апроксимацію зміни відходу стебел в плутанину залежно від секундної подачі стебел в комбайн увігнутою параболою другого порядку, що описується рівнянням (3), слід визнати успішною. Графічна інтерпретація цього рівняння наведена на рисунку пунктирною кривою. Помилка рівняння (3) криволінійної регресії незначна і становить 0,023%. За значенням коефіцієнта детермінації варіація секундної подачі стебел в комбайн на 92% причинно зумовлює варіацію відходу стебел в плутанину і лише 8% не поясненої варіації визначаються впливом інших факторів, які не розглядали в цьому дослідженні. Дослідження рівняння (3) на екстремум показало, що відхід стебел в плутанину мінімізується і становить 0,27% у разі секундної подачі стебел в комбайн, яка дорівнює 4612 ст./с.

Висновки. При використанні льонозбиральних комбайнів між втратами насіння від недоочісування стебел та відходом їх в плутанину і секундною подачею стебел в комбайн виявлений кореляційний зв'язок з кореляційними відношеннями відповідно 0,793 і 0,960. Із підвищенням секундної подачі в межах 921...7714 ст./с втрати насіння зменшуються за законом гіперболи, а відхід стебел в плутанину описується увігнутою параболою другого порядку. Відхід стебел в плутанину мінімізується за секундної подачі 4612 ст./с. З підвищенням секундної подачі понад вказане значення спостерігається зменшення втрат насіння від недоочісування, але це зменшення відбувається в межах помилки відповідного рівняння регресії.

Напрямок подальших розвідок на нашу думку має бути зосереджений на дослідженні завантаження стеблами затискного конвеєра при збиранні льону-довгунця комбайнами.

Список використаних джерел

1. Быков Н.Н. Режимы и качество работы льнокомбайна / Н.Н. Быков // Лен и конопля. – 1969. – № 5. – С. 29 – 30.
2. Коженкова К.И. Технология механизированных сельскохозяйственных работ: [учеб. пособ. для учащихся с.-х. техникумов] / Коженкова К.И., Будько Ю.В., Добыш Г.Ф. – Минск, Ураджай, 1988. – 375 с.
3. Кукта Г.М. Испытания сельскохозяйственных машин / Кукта Г.М. – М.: Машиностроение, 1964. – 284 с.
4. Лимонт А. Влияние высоты теребления и скорости движения льнокомбайна на параметры расстилаемой ленты / А. Лимонт // Техника в с. х. – 1975. – № 8. – С. 17 – 18.
5. Львовский Е.Н. Статистические методы построения эмпирических

- формул: [учеб. пособ. для студ. вузов] / Львовский Е.Н. – М.: Высш. шк., 1988. – 239 с.
6. Методика статистической обработки эмпирических данных: РТМ 44–62. – М.: Изд-во стандартов, 1966. – 100 с.
 7. Методические указания по проведению полевых опытов со льном-долгунцом / [Долгов Б.С., Заворотченко И.С., Ковалев В.Б. и др.]; под ред. Б.С. Долгова и В.Б. Ковалева. – Торжок: Всесоюз. НИИ льна, 1978. – 78 с.
 8. Пособие по эксплуатации машинно-тракторного парка: [учеб. пособ. для студ. ф-тов механизации с. х. высш. с.-х. учеб. завед.] / Н.Э. Фере, В.З. Бубнов, А.В. Еленев, Л.М. Пильщиков. – М.: Колос, 1978. – 256 с.
 9. Сулима Л.А. Результаты исследований работы серийных льноуборочных машин в условиях Северо-Запада / Л.А. Сулима, О.Я. Дюртеева // Научно-исследовательский и проектно-технологический ин-т механизации и электрификации с. х. Северо-Запада: науч. тр. – Л., 1971. – Вып. 8. – С. 99 – 103.
 10. Уланова Е.С. Методы статистического анализа в агрометеорологии / Е.С. Уланова, О.Д. Сиротенко. – Л.: Гидрометеиздат, 1968. – 200 с.
 11. Хайкин В.П. Корреляция и статистическое моделирование в экономических расчетах / Хайкин В.П., Найденов В.С., Галуза С.Г.; под ред. Е.Г. Либермана. – М.: Экономика, 1964. – 216 с.

Аннотация

ОПТИМИЗАЦИЯ СЕКУНДНОЙ ПОДАЧИ СТЕБЛЕЙ В ЛЬНОУБОРОЧНЫЙ КОМБАЙН

А.С. Лимонт

Обобщены и проанализированы экспериментальные данные о секундной подаче стеблей на рабочие органы комбайна при уборке льна-долгунца. Исследованы потери семян от недоочесывания стеблей и их отход в путанину в зависимости от секундной подачи стеблей в очесывающий аппарат льноуборочного комбайна.

Abstract

THE OPTIMIZATION OF THE STALK FEED PER SECOND TO THE FLAX COMBINE

A. Limont

The paper summarizes and analyses the experimental data on the feed of stalks per to second combine operating members when harvesting fiber flax. Seed losses caused by the understripping of stalks and their getting to tangled mess depending on the stalk feed per second to the combing apparatus of the flax combine.

МОДЕЛЮВАННЯ СТРУКТУРИ КОМПЛЕКСІВ МАШИН ТА МАШИННО-ТРАКТОРНОГО ПАРКУ

Бурилко А.В., завідувач відділу

Міністерство аграрної політики України

В результаті проведеної роботи була одержана цільова функція цілісних математичних моделей, визначення структури комплексів машин технологічний процес вирощування і збирання сільськогосподарських культур у сівозміні, який дає можливість ефективно використовувати техніку з врахуванням отриманих строків виконання робіт.

Постановка проблеми. Обґрунтування набору техніки та її ефективне використання на сучасному рівні сільськогосподарського виробництва необхідно розглядати окремо для кожного господарства з його природно-кліматичними умовами у єдиному системному взаємозв'язку: набір культур – сівозміна – попередник – культура – технологія – технологічна операція – машина – енергетичний засіб – машинний агрегат – комплекс машин – парк машин.

Мета роботи – моделювання структури комплексів машин та машинно-тракторного парку конкретного господарства.

Виклад основного змісту досліджень. Комплекс машин є перехідною системою, або інакше підсистемою в ієрархічній структурі загальної системи землеробства. Формування комплексів машин залежить насамперед від визначених сівозміною системи технологічних операцій, а також від агротехнічних вимог операційних технологій (рис. 1).

Визначення раціональної площі вирощування сільськогосподарських культур, яка забезпечить ефективне використання комплексів машин також входить у завдання побудови математичної моделі (за даними проф. Крамарова В.С. [1] рекомендоване значення коефіцієнта використання комплексів машин повинно становити 0,7...0,9). Тому питання визначення складу комплексів машин і їх використання у структурі загального машинного парку має велике значення.

За розрахунками, [2] раціональна (мінімально необхідна) площа вирощування кожної сільськогосподарської культури в рослинництві повинна орієнтовно дорівнювати: в зоні Полісся – 130 га, Лісостепу – 150 га, Степу – 170 га.

Технологічний процес вирощування, збирання та переробки сільськогосподарських культур складається із основних, допоміжних і суміжних операцій.

Основні, допоміжні та суміжні операції технологічного процесу виконуються різними за складом машинно-тракторними агрегатами, які мають різну продуктивність. Тому тривалість виконання операцій залежить від складу агрегатів, їх кількості та продуктивності.



Рис. 1 – Причинно – наслідкова діаграма в розрізі ієрархії відношень „технологія → техніка”.

Основні операції циклу взаємозв’язаних робіт визначають тривалість виконання циклу.

Тривалість виконання основної операції циклу робіт визначається із залежності:

$$d_j^0 = \frac{S_k k^0}{W_{ij}^0 \cdot T_{cm} \cdot k_{cm} \cdot \text{int}\left(\frac{\varpi_j^0}{W_{ij}^0} + 1\right)} \leq d_{\text{доп}}, \quad (1)$$

а кількість агрегатів для виконання основної операції становитиме:

$$x_{ij}^0 = \text{int}\left(\frac{\varpi_j^0}{W_{ij}^0} + 1\right), \quad (2)$$

Тривалість виконання допоміжної операції повинна бути рівною тривалості виконання основної операції, тобто:

$$d_j^D = d_j^0, \quad (3)$$

тоді кількість агрегатів для виконання допоміжної операції становитиме:

$$x_{ij}^D = \text{int} \left(\frac{S_k \cdot k^0}{d_j^0 \cdot W_{ij}^D \cdot T_{zm} \cdot k_{zm}} + 1 \right), \quad (4)$$

Тривалість виконання суміжної операції не може перевищувати тривалості основної операції, тобто:

$$d_j^C \leq d_j^0, \quad (5)$$

Тоді кількість агрегатів, які необхідно мати для виконання суміжної операції, буде:

$$x_{ij}^C = \text{int} \left(\frac{S_k \cdot k^C}{d_j^C \cdot W_{ij}^C \cdot T_{zm} \cdot k_{zm}} + 1 \right), \quad (6)$$

де: $x_{ij}^0, x_{ij}^D, x_{ij}^C$ – кількість агрегатів, необхідних для виконання відповідно основної, допоміжної та суміжної операцій;

S_k – площа вирощування сільськогосподарської культури;

k^0, k^D, k^C – кратність виконання відповідних операцій;

d_{don} – допустима за агротехнічними вимогами тривалість виконання заданого циклу робіт;

d_j^0, d_j^D, d_j^C – тривалість виконання відповідних операцій;

$W_{ij}^0, W_{ij}^D, W_{ij}^C$ – продуктивність агрегатів відповідно на основній, допоміжній і суміжній операціях;

$\omega_j^0, \omega_j^D, \omega_j^C$ – годинний обсяг робіт на відповідних операціях;

T_{zm} – тривалість зміни;

k_{zm} – коефіцієнт змінності.

Важливим показником при виборі кількості агрегатів для виконання механізованих робіт є коефіцієнт використання агрегату K_{ij}^a , який визначається із залежності:

$$K_{ij}^a = \frac{S_k \cdot k}{d_j \cdot W_{ij} \cdot T_{ci} \cdot k_{ci} \cdot x_{ij}} \leq 1. \quad (7)$$

Аналіз залежності (7) показує, що при $K_{ij}^a < 1$ величина x_{ij} збільшує своє значення, тобто зменшення до деякого значення d_j не призводить до зміни x_{ij} . Тобто, за менш тривалий час можливо виконати той же обсяг робіт тією ж кількістю агрегатів.

Із наведених залежностей видно, що збільшення кількості машинних агрегатів на основних операціях приведе до збільшення кількості агрегатів на допоміжних операціях при незначному зменшенні тривалості їх виконання.

Разом з тим аналіз залежності (7) показує також і те, що тільки при переході межі $W_{ij}^c n' = \omega_j$, де $n' = 1, 2, \dots, n$, величина x_{ij} змінює своє значення. Оскільки це справедливо, то при зменшенні до деякого значення d_j величина x_{ij} не змінюватиме свого значення. Тобто, за менш тривалий час можна виконати

роботу тією ж кількістю агрегатів, за умови, якщо правильно розподілити машинні агрегати за переліком операцій технологічного процесу.

Відомо, що одну і ту ж операцію можуть виконувати різні за складом машинні агрегати із властивими тільки їм показниками роботи. На виконанні кожної операції може бути використано m варіантів агрегування. Технологічний процес виробництва продукції рослинництва складається із закінченого числа операцій, кількість яких виражається числом n . Тоді прямокутна матриця розміром $n \times m$ являє собою множину можливих варіантів використання машинних агрегатів.

Критеріями оптимізації можуть бути приведені витрати ($C \rightarrow \min$), затрати робочого часу ($H \rightarrow \min$), витрата палива ($\Pi \rightarrow \min$), а також коефіцієнт використання парку машин ($K_n \rightarrow \max$), матеріаломісткість ($M \rightarrow \min$), капітальні вкладення ($K_e \rightarrow \min$). Показники використання машинних агрегатів виражаються через a_{ij} ($i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$).

Множина варіантів використання машинних агрегатів у річному періоді виконання механізованих робіт виражається матрицею:

$$S = \|a_{ij}\| = \{V_{ij}, D_{ij}, d_{ij}, x_{ij}, W_{ij}, C_{ij}, H_{ij}, M_{ij}, \Pi_{ij}, K_{nij}, K_{vij}\}. \quad (8)$$

У свою чергу підмножина $x_{ij} \in S$ включає елементи, у які входять типи енергетичних засобів t ($t = 1, 2, \dots, T$), сільськогосподарських машин ξ ($\xi = 1, 2, \dots, E$) та їх кількість у агрегаті z_ξ , тобто:

$$x_{ij} = \{t, \xi, z_\xi\}. \quad (9)$$

Застосувавши один із критеріїв ефективності, можна визначити найбільш “вигідні” машинні агрегати для виконання кожної із операцій. Для цього необхідно перетворити прямокутну матрицю $n \times m$ у матрицю-вектор A так, що:

$$A = \text{opt} \left| \begin{matrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1m} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nm} \end{matrix} \right|. \quad (10)$$

Очевидно, що матриця A являє собою систему машинних агрегатів, які можуть виконувати відповідні механізовані операції загального технологічного процесу. З метою пошуку раціонального складу комплексів машин для кожної сільськогосподарської культури необхідно розглянути дану систему у загальній структурі машинного парку за строками виконання робіт і загальному річному завантаженні машин.

Почергово розглядаючи операції з врахуванням тривалості їх виконання за основною операцією у межах $j = 1, 2, \dots, n$, визначається реальна тривалість виконання кожного циклу. При цьому уточнюється необхідна кількість машинних агрегатів як на основних операціях, так і на допоміжних і суміжних

операціях. Знаючи початок D_j і тривалість d_j , виконання j -ої операції, визначаються терміни закінчення механізованих робіт D_j^k :

$$D_j^k = D_j + d_j + 1. \quad (11)$$

Оскільки x_{ij} залежить від тривалості виконання операції, то знайшовши суму кількості агрегатів за строками виконання робіт l ($l = D_j, D_{j+1}, \dots, 365$) і операціях j ($j = 1, 2, \dots, n$) по кожному енергетичному засобу t ($t = 1, 2, \dots, T$), одержимо:

$$\|x_{it}\| = \begin{vmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1T} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2T} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{365,1} & x_{365,2} & \dots & x_{365T} \end{vmatrix} = \left| \sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^n \sum_{l=D_j}^{D_j^k} x_{l(j)} \right|. \quad (12)$$

Досліджуючи матрицю на максимум для кожного t по l , одержимо матрицю-вектор кількості енергетичних засобів t -го типу:

$$\|x_t^{\max}\| = \max_{t=1}^T \|x_{it}\|, \quad (13)$$

Загальна кількість годин роботи енергетичних засобів типу t протягом річного періоду виконання робіт знаходиться за такою залежністю:

$$H_t^3 = \left| \sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^n (x_{l(j)} d_j T_{zm}) \right|. \quad (14)$$

Тоді річне завантаження одиничного енергетичного засобу кожного типу становитиме:

$$H_t^3 = \left| \frac{\sum_{j=1}^n (x_{l(j)} d_j T_{zm})}{\|x_t^{\max}\|} \right|. \quad (15)$$

Аналіз залежності свідчить, що зменшення кількості енергетичних засобів x_t^{\max} за рахунок перерозподілу робіт між ними призведе до збільшення їх річного завантаження і відповідно до зменшення приведених затрат на виконання механізованих робіт, а також зниження капітальних вкладень. Для пошуку шляхів зменшення значення x_t^{\max} необхідно ввести поняття “відсікаючої перемінної” — δ_t , початкове значення якої рівне:

$$\delta_t = x_t^{\max} - 1. \quad (16)$$

Розглядаючи елементи матриці (15) по кожному t ($t = 1, 2, \dots, T$), знаходять значення l , для якого $x_{it} > \delta_t$. У цьому випадку із множини x_{it} для

даного t і l знаходять таке значення, (тобто таку операцію), для якого справедлива нерівність:

$$x_{tl} \geq x_t^{\max} - \delta_t. \quad (17)$$

Такий пошук проводиться для всіх t по всіх l . Якщо нерівність (17) не підтверджується, то перемінна δ_t для всіх t зменшується на 1 до того моменту, поки нерівність (17) буде справедлива.

У цьому випадку для одержаного j планується використання іншого агрегату, близького за критерієм ефективності до вибраного раніше за умови, що тип енергетичного засобу t цього агрегату увійшов у склад агрегатів на інших операціях. Тоді тимчасово знявши з j -тої роботи попередній агрегат, тобто частково звільнивши матрицю (12) від раніш прийнятого значення t по $D_j, D_{j+1}, \dots, D_j^k$, перевіряють її стан з новим t . Якщо у такому випадку справедлива нерівність (16), то перебудовується матриця A з урахуванням нововведеного агрегату. Кожний перерозподіл стану системи, яка розглядається, викликає нове значення матриці A . Тому на кожному етапі перерозподілу аналізується ця матриця для визначення випадку збільшення H_t . При цьому тимчасово зняті агрегати повністю виключаються із системи. У іншому випадку, вони залишаються для продовження корегування згаданої матриці.

Слід відмітити, що при умові, коли знімається один із типів агрегатів із основної операції і призначається інший, то визначаються нові строки виконання робіт і уточнюється кількість агрегатів на допоміжних і суміжних операціях, незалежно від того, якими вони були до моменту заміни агрегатів.

При заміні агрегатів на допоміжних і суміжних операціях одночасно визначається їх необхідна кількість.

Процес перерозподілу робіт продовжується до того моменту, поки “відсікаюча перемінна” δ_t для всіх t прийме значення $\delta_t = 0$.

Кінцеве значення елементів матриці (12) являє собою матрицю використання раціонального складу парку енергетичних засобів по днях календарного періоду робіт.

Кількість енергетичних засобів раціонального комплексу машин визначається із залежності:

$$X_t^e = \max_l \left| \sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^n \sum_{l=D_j}^{D_j^k} x_{l(j)}. \quad (18)$$

Кількісний і структурний склад сільськогосподарських машин-знарядь, що увійшли в склад раціонального комплексу машин, залежить від складу машинних агрегатів, в яких використовуються енергетичні засоби раціонального машинного парку:

$$X_{\xi}^c = \max_l \left| \sum_{\xi=1}^{\Xi} \sum_{j=1}^n \sum_{l=D_j}^{D_j^k} (x_{l(j)} z_{\xi}) \right|. \quad (19)$$

Виділивши із набору технологічних операцій ті, що виконуються при вирощуванні культур змодельованої сівозміни, і прийнявши, що α — номер першої операції і β — кількість операцій по даній культурі, визначають раціональні комплекси машин для вирощування і збирання сільськогосподарських культур. Для цього необхідно взяти суму по i так, що $i = \alpha, \alpha + 1, \dots, \alpha + \beta$.

Одержані склади комплексів машин обґрунтовані в структурі машинного парку є складовою його частиною і їх робота взаємозв'язана з роботою всього парку машин.

Розкривши множину S , одержимо технологічний процес вирощування і збирання сільськогосподарських культур у сівозміні, який дає можливість ефективно використовувати техніку з врахуванням отриманих строків виконання робіт.

Цільову функцію розглянутої вище системи цілісних математичних моделей, визначення структури комплексів машин, у загальному вигляді можна позначити залежністю:

$$F = f(A(d_i^0)) \rightarrow \text{opt } Kr^e, \quad (20)$$

де: Kr^e – критерій ефективності;

$A(d_i^0)$ – динамічний стан системи (агрегати – строки робіт).

Висновки

Одержано множину варіантів одержана цільова функція цілісних математичних моделей використання машинних агрегатів у річному періоді виконання механізованих робіт при вирощуванні і збиранні сільськогосподарських культур у сівозміні, яка дає можливість ефективно використовувати техніку з врахуванням отриманих строків виконання робіт.

Список використаних джерел

1. Крамаров, В. С. Основы проектирования механизированных процессов с.-х. производства и расчета комплексов машин [Текст] // Определение состава МТП с использованием математического программирования. Материалы выездного пленума отделения механизации и электрификации сел. хоз-ва ВАСХНИЛ в 1964 г. В. С. Крамаров, В. Р. Губко, А. П. Терехов под общ. ред. акад. Лучинский и др.] – М.: Колос 1966. – С. 323.
2. Мельник, І. І. Оптимізація комплексів машин і структури машинного парку та планування технічного сервісу. / І. І. Мельник, В. Д. Гречкосій, С. М. Бондар – К.: Видавничий центр НАУ, 2004. – 154 с.

Аннотация

МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ КОМПЛЕКСОВ МАШИН И МАШИННО-ТРАКТОРНОГО ПАРКА

Бурилко А.В.

В результате проведенной работы была получена целевая функция целостных математических моделей, по определению структуры комплексов машин, технологического процесса выращивания и уборки сельскохозяйственных культур в севообороте, что даёт возможность эффективно использовать технику с учетом полученных сроков выполнения работ.

Abstract

DESIGN OF STRUCTURE OF COMPLEXES OF MACHINES AND MASHINNO-TRAKTORNOGO PARK

A. Burilko

A result of the conducted work the objective function of integral mathematical models was got, on determination of structure of complexes of machines, technological process of growing and cleaning up of agricultural cultures in a crop rotation, that enables effectively to use a technique taking into account the got terms of implementation of works.

УДК 631.

ВИБІР КРИТЕРІЇВ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ВНЕСЕННЯ ОРГАНІЧНИХ ДОБРІВ

Пастухов В.І., д.т.н., проф., Рудницький Є.М., асп., Рудницька Г.В. інж.
*Харківський національний технічний університет сільського господарства
імені Петра Василенка*

Наведені методи вибору критеріїв контролю якості технологічних процесів внесення органічних добрив.

Вступ. Для здійснення синтезу системи керування динамічним об'єктом необхідно сформулювати модель цього об'єкта. Причому, головним є те, що в даній моделі повинне бути відбите зображення істотних сторін поведінки реального об'єкта, що визначає найбільш повну інформацію про нього.

Основна частина. Головною характеристикою моделі є її відносна простота. Знаходження компромісу між точною передачею властивостей динамічного об'єкта й простотою опису – одне з питань вибору й обґрунтувань необхідної моделі. Рішення цього питання складається у визначенні математичного оператора, що, з достатнім ступенем точності, описує явище,

якщо технологічний механізм цього явища повністю ясний. У багатьох випадках, для одержання таких моделей, потрібні докладні відомості, яких може й не бути, і доводиться, прибігати до емпіричних моделей. Обидва наведених підходу до формування моделі об'єкта є, у деякому змісті, крайностями. Тому реально використовувані моделі займають проміжне положення [1, 2].

Іншим питанням вибору моделі об'єкта нерідко є велике число змінних стану об'єкта. Ця обставина викликає труднощі, пов'язані зі збільшенням порядку рівнянь (багатомірні моделі), що неминуче приводить до росту витрат на розрахунок і реалізацію алгоритмів керування системою в цілому. Крім того, не всі об'єкти можуть бути представлені в класі динамічних систем із зосередженими параметрами

$$f\left[\frac{dx}{dt}, x(t), u(t)\right] = 0, \quad (1)$$

або в нормальній формі

$$\frac{dx}{dt} = f[x(t), u(t)]. \quad (2)$$

Часто особливість багатомірної моделі сполучається із просторовою довжиною об'єкта керування. Тоді модель об'єкта має розподілені параметри, тобто описується рівняннями в частинних похідних

$$f\left[\frac{\partial x}{\partial t}, \frac{\partial x}{\partial l}, x(t, l), u(x, l)\right] = 0, \quad (3)$$

де: l – просторова змінна.

Для рішення системи рівнянь (3) можна використовувати відомі методи рішення диференціальних рівнянь у частинних похідних. Однак, ці методи неминуче приводять до великої кількості обчислювальних витрат, при їхній реалізації й необхідності виконання жорстких умов, що зв'язують кроки по просторовій і тимчасовій координатах. Тому, ще одним питанням є вибір підходу, що дозволяє, із заданим ступенем точності, замінити систему диференціальних рівнянь у частинних похідних, системою звичайних диференціальних рівнянь.

Наступним важливим питанням, що визначає складність вибору опису об'єкта, є стохастичність поведінки моделі об'єкта. Ця характеристика обумовлена рядом випадкових факторів, які включають наявність присутніх джерел перешкод і неминучого достатку всякого роду другорядних (з погляду мети керування) процесів.

Непередбачуваність поведінки (невизначеність) буде визначати проблеми пов'язані з неповною апріорною й поточною інформацією про впливи, що обурюють, у моделі об'єкта

$$\frac{dx}{dt} = f[x(t), u(t), \varepsilon(t)], \quad (4)$$

де: ε - вектор випадкових впливів, що збурюють.

Крім того, при експлуатації системи регулювання, параметри об'єкта керування й середовища функціонування можуть, певним образом, змінюватися. Тоді необхідно враховувати нестационарність динаміки об'єкта

$$\frac{dx}{dt} = f[x(t), u(t), \varepsilon(t), t]. \quad (5)$$

До числа факторів невизначеності, у системах керування технологічним процесом, ставиться також зміна режимів роботи об'єктів внаслідок нестабільності характеристик сировини й палива, забруднення й спрацювання устаткування й т.п. Одним зі шляхів вирішення проблеми здійснення керування об'єктом, в умовах зміни ситуацій функціонування, є застосування методів теорії динамічних систем зі змінної (випадкової) структурою. Модель об'єкта, у цьому випадку, може бути представлена в наступному виді

$$\frac{dx}{dt} = f^{(s)}[x(t), u(t), \varepsilon(t), t], \quad (6)$$

де: s – індекс структури системи – скалярна умовна марковського ланцюга зі станами \vec{l} , \vec{n}_s задана умовними інтенсивностями $\gamma^{(sl)}(x, t)$ переходу структури зі стану l у стан $n_s (l \neq s)$, за умови, що $x(t) = x$.

Крім названих проблем, істотний вплив на вибір моделі об'єкта керування, може робити нелінійність рівнянь його опису (у загальному випадку в рівняннях (1)-(6) f – векторна детермінована нелінійна функція). Необхідність обліку нелінійності викликана підвищенням точності опису процесу в об'єкті керування, обумовленим, у свою чергу, підвищеними вимогами до точності системи керування. Використання нелінійних моделей об'єктів доцільно в умовах підвищеної чутливості системи керування, коли середній час зміни режиму роботи стає порівняним згодом перехідних процесів. Способом "відходу" від нелінійностей, у моделях об'єктів, наприклад, може бути їхнє подання у вигляді з'єднань лінійних і елементарних нелінійних безінерційних ланок. Практика показує, що одночасний облік, тим більше, задовільне рішення всіх перерахованих питань, що виникають при виборі й обґрунтуванні моделі об'єкта, представляє значну складність для дослідника.

Таким чином, актуальною задачею буде розробка методів визначення оптимальної структури моделі об'єкта, для системи керування, що функціонує в умовах невизначених змін технологічних ситуацій. Маючи алгоритм відшукування подібної структури моделі, відкривалися б перспективи здійснення побудови системи керування, що забезпечує найкращу якість функціонування в умовах дії факторів невизначеності.

Моделі функціонування технологічних процесів дають можливість розглядати їх формально як системи, що перетворюють випадкові процеси $F_i(t)$ у випадкові процеси $Y_i(t)$, тобто розглядати технологічні процеси як функціональні перетворювачі з відповідними динамічними характеристиками - операторами A_{ij} [3].

Так як вихідні змінні $Y_i(t)$ є показниками ефективності функціонування технологічних процесів, то виникає необхідність у керуванні цією ефективністю. Як відомо, будь-яка система керування являє собою сукупність об'єкта керування (у цьому випадку технологічного процесу) і керуючого пристрою. При функціонуванні системи керування (СУ) повинні бути реалізовані наступні елементи процесу керування:

- одержання інформації про стан технологічного процесу (вимірюється вихідна змінна);
- обробка інформації та порівняння результату із заданим значенням вихідної змінної;
- ухвалення рішення про зміну стану технологічного процесу й розробка закону керування;
- вплив (виконавчими органами агрегату) на технологічний процес відповідно до закону керування.

Висновок. Ще в СРСР активізувалися наукові розробки в області керування технологічними процесами машин і агрегатів [4]. Отримані в результаті теоретичних досліджень матеріали по аналізу, синтезу та оптимізації систем керування машинами й агрегатами свідчать про те, що в теперішній час формується новий напрямок – теорія систем керування технологічними процесами машин і агрегатів.

У першому наближенні основними задачами теорії систем керування варто вважати:

- розробку методів побудови моделей систем керування, і в тому числі моделей машин і їхніх технологічних процесів, як об'єктів керування;
- розробку й удосконалювання методів, засобів збору й обробки інформації про процеси функціонування систем керування в умовах нормальної експлуатації із широким використанням ЕОМ;
- розробку й обґрунтування задач керування й оцінок ефективності функціонування систем керування на основі технічних, експлуатаційних, економічних і інших вимог;
- розробку критеріїв оптимальності керування й установлення раціональних режимів функціонування систем керування;
- розробку й удосконалювання методів оцінки надійності й довговічності систем керування та урахуванням реальних умов їхнього функціонування;
- розробку й удосконалювання методів контролю якості й дослідження систем керування.

Список використаних джерел

1. Митков А.Л., Кардашевский СВ. Статистические методы в

- сельхозмашиностроении. – М.: Машиностроение, 1978. – 360 с.
2. Райбман Н.С, Чадеев В.М. Построение модели процессов производства. – М.: Энергия, 1975. – 376 с.
 3. Моделирование сельскохозяйственных агрегатов и их систем, (под ред. А.Б. Лурье). – Л.: Колос, 1979. – 312 с.
 4. Основы управления технологическими процессами. Под ред. Н.С. Райбмана, изд. – М.: Наука, 1978. – 440 с.

Аннотация

ВЫБОР КРИТЕРИЕВ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ВНЕСЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ

Пастухов В.И., Рудницкий Е.Н., Рудницкая А.В.

Представлены методы выбора критериев контроля качества технологических процессов внесения органических удобрений.

Abstract

CHOICE OF CRITERIA OF CONTROL OF QUALITY OF TECHNOLOGICAL PROCESSES OF BRINGING OF ORGANIC FERTILIZERS

V. Pastukhov, Y. Rudnytskiy, A. Rudnytskaya

The methods of choice of criteria of control of quality of technological processes of bringing of organic fertilizers are presented.

УДК 631.333

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ РОБОЧИХ ОРГАНІВ МАШИНИ ДЛЯ ВНЕСЕННЯ ОРГАНІЧНИХ ДОБРИВ

Герук С.М., к.т.н., доц., Боровський В.М., ст. викл.,
Хоменко С.М., асис., Сахнюк С.В., студ.

Житомирський національний агроєкологічний університет

Представлено результати експериментальних досліджень робочих органів машини для внесення твердих органічних добрив і встановлено їх раціональні параметри.

Постановка проблеми. Збереження родючості ґрунтів являється одним з найбільш важливих загальнодержавних завдань, для успішного вирішення якого необхідно розробляти і впроваджувати нові екологічнобезпечні технології та технічні засоби для вирощування і збирання сільськогосподарських культур, зокрема машин для внесення органічних добрив.

Для внесення твердих органічних добрив на полях України широко використовуються кузовні машини з горизонтально розташованими барабанами

та розкидачі із куп. Недосконалість конструкцій їх робочих органів призводить до високої нерівномірності внесення добрив, що негативно відображається на родючості ґрунтів.

Тому актуальним питанням для сільськогосподарського виробництва є розробка машин для внесення органічних добрив, що забезпечать підвищення якості внесення добрив і надійну експлуатацію в умовах наших господарств.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Проаналізувавши світові тенденції сільськогосподарського машинобудування у галузі техніки для внесення твердих органічних добрив [1, 5, 6], встановлено, що в якості робочих органів розкидачів твердих органічних добрив використовують барабани різноманітних конструкцій: зубчасті, шнекові, ланцюгові з молотками на кінцях, лопатеві, дискові та ін. При цьому за останні майже 40 років українські вчені досліджували в основному роторні розкидачі – розкидачі-валкоутворювачі (переважна більшість) та розкидачі безпосередньо з куп. Питання досліджень розкидальних пристроїв причепів-розкидачів і досі залишається відкритим та не втратило своєї актуальності.

Для забезпечення високих показників якості внесення добрив, авторами даної праці та за їх участі, було розроблено ряд нових конструкцій барабанів машин для внесення добрив, зокрема [4]. Згідно висунутої гіпотези, якість внесення добрив підвищиться, якщо підвищиться якість їх подрібнення, що технічно можна забезпечити збільшенням кількості і довжини ріжучих периметрів робочого органу, в якості прототипу якого прийнято зубчастий еліпсний диск. Для цього було запропоновано розглянути частини еліпса, а саме половину і чверть [4].

Поставлена задача вирішується завдяки тому, що на валу барабану розкидача органічних добрив, встановлюються робочі органи, що виконані у вигляді чвертьеліпсних подрібнювачів, причому кожний із останніх виконаний у вигляді чотирьох чвертьеліпсів, що встановлені на одній осі.

Для перевірки аналітичних передумов роботи запропонованої конструкції робочих органів, барабанів і всієї машини в цілому, необхідно провести ряд експериментальних досліджень.

Постановка завдання. *Мета досліджень* полягала у встановленні експериментальної залежності ступеня подрібнення ТОД від параметрів машини і обґрунтуванні її раціональних параметрів. *Об'єкт досліджень* – технологічний процес подрібнення ТОД кузовними машинами. *Предмет досліджень* – залежність ступеня подрібнення добрив від параметрів машини.

Відповідно до поставленої мети визначена наступна програма експериментальних лабораторних досліджень, відповідно до якої необхідно:

1) розробити і виготовити універсальну лабораторну установку для дослідження робочих органів машини для внесення органічних добрив в лабораторних умовах;

2) дослідити вплив змінних факторів на технологічний процес подрібнення органічних добрив подрібнювальним барабаном оснащеним чвертьеліпсними робочими органами, встановити функціональну залежність цього впливу у формі математичної моделі та провести її оптимізацію.

Методика проведення досліджень. Для дослідження робочих органів було використано методику планування некомпозіційного симетричного плану Бокса-Бенкіна другого порядку для трьох факторів [3]. Для обробки результатів реалізації експерименту використали наступні пакети прикладних програм для ЕОМ: Statistica 7 (для рандомізації порядку проведення дослідів), MatCad 14 (для обробки результатів планування плану Бокса-Бенкена другого порядку), Maple 11 (для дослідження рівняння регресії та побудови поверхонь відгуку).

Коефіцієнти регресії моделі, після реалізації плану експерименту визначали згідно [3]. Для дослідження рівняння регресії використовували методику двомірних перетинів [2, 3].

Результати досліджень. В результаті теоретичних досліджень було висунуто робочу гіпотезу, згідно якої якість розподілення добрив по полю буде залежати від того наскільки ефективно добрива будуть подрібнюватися і подаватися до верхнього барабану, а також подрібнюватися і самим верхнім барабаном, тому якість роботи нових робочих органів визначали за ступенем подрібнення.

Лабораторна установка для дослідження робочих органів шириною 600 мм, дозволяє встановити для досліджень третю частину подрібнювального барабану машини МТО-6 в натуральну величину. Загальний вигляд лабораторної установки представлено на рис. 1.



а)



б)

Рис. 1 – Лабораторна установка для дослідження робочих органів подрібнювального барабану: а) загальний вид; б) вид збоку

Перед початком експерименту проводили кодування факторів

Рівні варіювання факторів при плануванні експерименту для дослідження подрібнювального барабану представлені в табл. 1.

Таблиця 1 – Рівні варіювання факторів при плануванні експерименту для дослідження подрібнювального барабану

Фактори	X_1	X_2	X_3
	Кількість обертів подрібнювального барабану $n_{н\bar{o}}$, об/хв	Кут встановлення дисків до осі барабану β , град	Швидкість транспортера v_T , м/с
Основний рівень (X_{i_0})	400	50	0,05
Інтервали варіювання (ΔX_i)	150	2	0,03
Верхній рівень ($x_i = 1$)	550	52	0,08
Нижній рівень ($x_i = -1$)	250	48	0,02

Кодовані значення факторів (x_i) зв'язані з натуральними (X_i) наступними співвідношеннями:

$$\left. \begin{aligned} x_1 &= \frac{X_1 - 400}{150} = \frac{n_{н\bar{o}} - 400}{150}; & x_2 &= \frac{X_2 - 50}{2} = \frac{\beta - 50}{2} \\ x_3 &= \frac{X_3 - 0,05}{0,02} = \frac{v_T - 0,05}{0,02} \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

У відповідності з вибраним планом були виконані 15 дослідів. Кожний дослід повторювали 3 рази.

В результаті розрахунків коефіцієнтів регресії було отримано наступну математичну модель другого порядку:

$$\begin{aligned} y &= 1,6128 + 0,1138\delta_1 + 0,0185\delta_2 - 0,0774\delta_3 - 0,0218\delta_1\delta_3 - \\ &- 0,2444\delta_1^2 - 0,0898\delta_2^2 - 0,1138\delta_3^2. \end{aligned} \quad (2)$$

Для перевірки адекватності моделі (2) знаходили розрахункове значення F -критерію Фішера ($F_{розр}$) і порівнювали його з табличним значенням $F_{табл}$ при 5% рівні значущості. Перевірка показала, що модель можна признати адекватною, адже $F_{розр} = 6,55 < F_{табл} = F_{0,05;8;2} = 19,37$.

Для використання отриманої моделі в якості розрахункової формули проводили її розкодування відповідно до співвідношень (1):

$$\begin{aligned} \lambda &= -57,67921 + 0,00981n_{i\bar{a}} + 2,25425\beta + 27,48667v_{\bar{o}} - \\ &- 0,00727n_{i\bar{a}}v_{\bar{o}} - 0,00001n_{i\bar{a}}^2 - 0,02245\beta^2 - 284,5v_{\bar{o}}^2. \end{aligned} \quad (3)$$

Для аналізу отриманого рівняння регресії (2) використали метод двомірних перетинів.

Для побудови двомірного перетину поверхні відгуку, що характеризує ступінь подрібнення добрив в залежності від кількості обертів подрібнювального барабану (x_1) і кута встановлення дисків до осі барабану (x_2),

у рівняння (2) підставляли значення $x_3=0$. В результаті отримали рівняння у канонічній формі:

$$Y - 1,6270 = -0,2444X_1^2 - 0,0898X_2^2. \quad (4)$$

Кут повороту нових координатних осей в центрі поверхні відгуку для даного випадку $\alpha = 0^\circ$. Поверхню відгуку та її двомірний перетин (рис. 2) будували за допомогою прикладних програм Maple 11 та Mathcad 14 на основі рівняння (4).

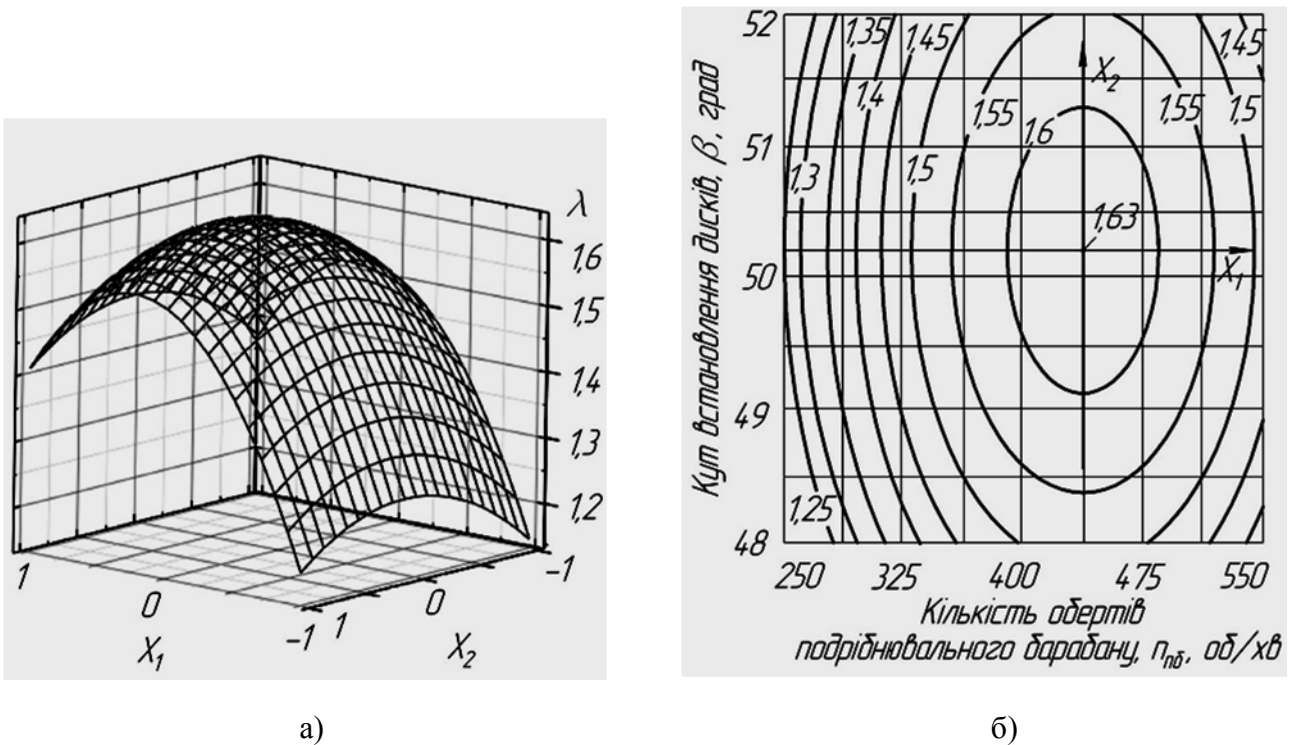


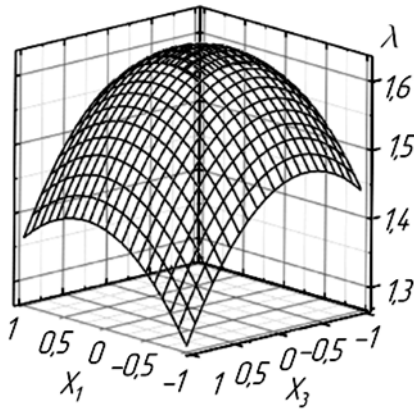
Рис. 2 – Графік (а) та двомірний перетин (б) поверхні відгуку, що характеризує ступінь подрібнення добрив при $x_3=0$

З графіків (рис. 2) встановили, що максимальний ступінь подрібнення $\lambda=1,63$ забезпечується при $n_{\text{по}} \approx 435$ об/хв, $\beta \approx 50,2^\circ$. Для забезпечення ступеня подрібнення $\lambda = 1,6$ допустимі значення факторів знаходяться в межах $n_{\text{по}} = 390 \dots 490$ об/хв, $\beta = 49,2 \dots 51,3^\circ$.

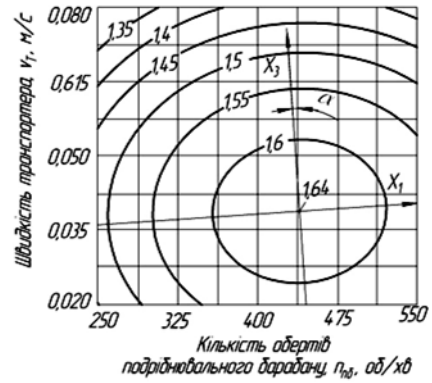
Побудова двомірного перетину поверхні відгуку, що характеризує ступінь подрібнення добрив в залежності від кількості обертів подрібнювального барабана (x_1) і швидкості транспортера (x_3), представлена на рис. 3, а рівняння (2) у канонічній формі при значенні $x_2=0$ записали наступним чином:

$$Y - 1,6411 = -0,2452X_1^2 - 0,0890X_3^2. \quad (5)$$

Кут повороту нових координатних осей в центрі поверхні відгуку для даного випадку $\alpha = 4^\circ 06'$.



а)



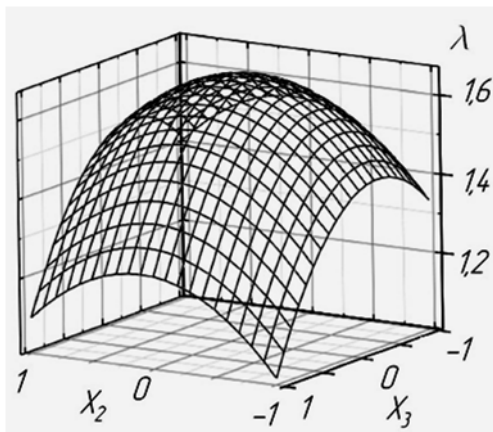
б)

Рис. 3 – Графік (а) та двомірний перетин (б) поверхні відгуку, що характеризує ступінь подрібнення добрив при $x_2=0$

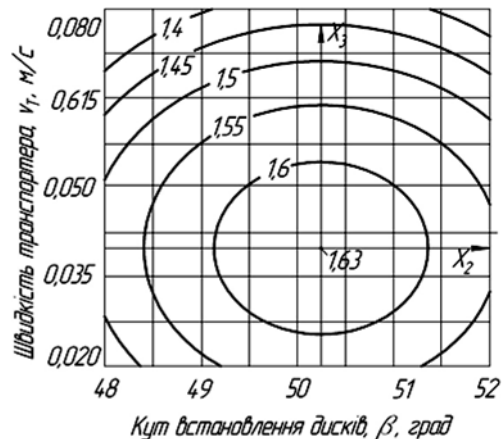
З графіків (рис. 3) встановили, що максимальний ступінь подрібнення $\lambda=1,64$ забезпечується при $n_{\text{об}} \approx 437$ об/хв, $v_{\text{т}} \approx 0,039$ м/с. Для забезпечення ступеня подрібнення $\lambda = 1,6$ допустимі значення факторів знаходяться в межах $n_{\text{об}} = 360 \dots 530$ об/хв, $v_{\text{т}} = 0,024 \dots 0,054$ м/с.

Побудова двомірного перетину поверхні відгуку, що характеризує ступінь подрібнення добрив в залежності від кута встановлення дисків (x_2) і швидкості транспортера (x_3), представлена на рис. 4, а рівняння (2) у канонічній формі при значенні $x_1=0$ записали наступним чином:

$$Y - 1,6269 = -0,0898X_2^2 - 0,1138X_3^2. \quad (6)$$



а)



б)

Рис. 4 – Графік (а) та двомірний перетин (б) поверхні відгуку, що характеризує ступінь подрібнення добрив при $x_1=0$

З графіків (рис. 4) встановили, що максимальний ступінь подрібнення $\lambda=1,63$ забезпечується при $\beta \approx 50,2^\circ$, $v_{\text{т}} \approx 0,040$ м/с. Для забезпечення ступеня подрібнення $\lambda = 1,6$ допустимі значення факторів знаходяться в межах $\beta = 49,7 \dots 51,3^\circ$, $v_{\text{т}} = 0,020 \dots 0,059$ м/с.

Висновки. В результаті експериментальних досліджень було встановлено залежність якості подрібнення твердих органічних добрив чвертьеліпсними робочими органами, що дозволяють визначати раціональні параметри робочих органів машини для внесення органічних добрив з горизонтально розташованими барабанами. Встановлено оптимальні значення параметрів машини, за яких забезпечується максимальний ступінь подрібнення органічних добрив $\lambda = 1,64$: кількість обертів подрібнювального барабану $n_{\text{нб}} \approx 437$ об/хв, швидкість руху транспортера $v_t \approx 0,039$ м/с, кут встановлення РО до осі барабану $\beta = 50^\circ$.

Список використаних джерел

1. Марченко Н.М. Механизация внесения органических удобрений [Текст] / Н.М. Марченко, Г.И. Личман, А.Е. Шебалкин. – М.: ВО «Агропромиздат», 1990. – 207 с.
2. Мельников С.В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов [Текст] / С.В. Мельников, В.Р. Алешкин, П.М. Рошин. – 2-е изд. перераб. и доп. – Л.: Колос. Ленингр. отд-ние, 1980. – 168 с.
3. Новик Ф.С. Оптимизация процессов технологии металлов методами планирования экспериментов [Текст] / Ф.С. Новик, Я.Б. Арсов. – М.: Машиностроение, София: Техника, 1980. – 304 с.
4. Пат. 45382 Україна, МПК А01С 3/06. Розкидач органічних добрив [Текст] / С.М. Герук, С.М. Хоменко, С.С. Герук; заявник С.М. Герук. – №u200905125; заявл. 25.05.2009; опублік. 10.11.2009, Бюл. № 21, 2009 р.
5. Бакум М.В. Сільськогосподарські машини / М.В. Бакум, І.С. Бобрус, А.Д. Михайлов, М.Г. Доценко, О.С. Вовченко; за ред. М.В. Бакума. – Х.: ХНТУСГ, 2008. – Ч. 2: Машини для внесення добрив. – Т.1. – 258 с.
6. Герук С.М. Аналіз конструкцій технічних засобів для внесення твердих органічних добрив [Текст] / С.М. Герук, С.М. Хоменко // Матеріали четвертої всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції 22 – 24 жовтня 2007 року «Актуальні проблеми сучасної науки». – К., 2007. – Ч.1. – С. 79 – 80.

Аннотація

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ РОБОЧИХ ОРГАНОВ МАШИНЫ ДЛЯ ВНЕСЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ

Герук С.Н., Боровский В.Н., Хоменко С.М., Сахнюк С.В.

Представлены результаты экспериментальных исследований рабочих органов машины для внесения твердых органических удобрений и установлены их рациональные параметры

Abstract

THE RESULTS OF EXPERIMENTAL RESEARCHES OF THE WORKING UNITES OF THE MACHINE FOR APPLYING ORGANIC FERTILIZERS

S. Geruk, V. Borovskiy, S. Khomenko, S. Sakhnjuk

The results of experimental researches of the working unites of the machine for applying solid organic fertilizers have been presented and their rational parameters have been established.

УДК 621.665.35.022

МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІЧНИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ СИСТЕМИ ЗВОЛОЖЕННЯ ПОВІТРЯ І АВТОМАТИЗАЦІЯ КЕРУВАННЯ НИМИ

Котов Б.І., д.т.н., проф., Грищенко В.О., асист.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

В статті розглянута математична модель процесу зволоження повітря паром при холодильній обробці продуктів та структура системи керування.

Вступ. При зберіганні плодоовочевої продукції в замкненому об'ємі камер в умовах штучного охолодження відносна вологість повітря зменшується за рахунок зовнішніх теплопритоків і тепловиділень продукцією. Видалення надлишків теплоти пов'язано з конденсацією вологи на поверхні повітроохолоджувачів, де охолоджується циркулююче повітря. При цьому зменшується вологовміст повітря і відповідно його вологість.

Зменшення відносної вологості повітря з одночасним підвищенням температури приводить до збільшення усушки продукту (втрата маси) та втрат від загнивання і псування через плісняву [1].

Сутність проблеми. Кондиціонування повітря тобто автоматичне підтримання в холодильних камерах оптимальних параметрів температури і вологості є досить ефективним способом збереження якості плодоовочевої продукції.

При зберіганні охолоджених продуктів температура в камерах приймається близькою до 0°C в залежності від виду продукції та регулюється з точністю $\pm 0,5^\circ\text{C}$. Вологість повітря регламентується в більш широких межах 80-95%. Але за умов мінімізації загальних втрат продукції в процесі зберігання [2] існує оптимум значення вологості 88-92% (при низьких значеннях вологості збільшуються втрати від усушки, а при більшій – втрати від загнивання). Рекомендуєма точність підтримання відносної вологості в холодильних камерах $\pm 2-2,5\%$ [1, 3].

З множини відомих способів зволоження повітря в холодильних камерах використовують тільки домішування перегрітої пари [4, 7] та тонке розпилювання ($\delta=20-50$ мкм) води [8]. Зволоження подачею пари, яка швидко поглинається повітрям технологічно вигідне, але енергозатратне (1 кг пари

збільшує на 2257 кДж навантаження на холодильну установку). Зволоження розпилюванню водою вимагає підвищених витрат 1,25 л на кожні 4190 кДж/год холодопродуктивності машини [3].

Виходячи з умов мінімізації споживання матеріало-енергоресурсів. Необхідно як можна точніше регулювати вологість повітря, що може забезпечити тільки автоматичне регулювання.

При зволоженні повітря парою використовують електропарогенератори з відкритою поверхнею випаровування [6,7] та парогенератори-кипятильники [1,3] з елементним та інфрачервоним нагрівом води. Але їх динамічні властивості не досліджено. Для розрахунків перехідних режимів і керуванням продуктивністю зволожувача та вологістю повітря необхідно розробити математичну модель процесу зволоження повітря парою.

Аналіз останніх публікацій. Вирішенню питань зволоження повітря, тепло- і масообміну між рідиною (парою) і газовими фазами і енергетики зволожуючих пристроїв присвячені роботи Волкінда І.Л., Драганова Б.Х., Василюва П.А., Акменса П.Ю., Луговського А.Ф., Гоголина О.А., Цгенмана М.М., Кримінського О.І., Нестеренко О.В. та інш. В цих роботах висвітлені питання статички процесів взаємодії повітря з парою, методів інтенсифікації. Динамічні характеристики зволожувачів повітря визначено тільки для зрошувальних камер [4]. Перехідні процеси в парозволожувачах і камерах зволоження з відкритою поверхнею та питання їх автоматизації досліджені недостатньо.

Мета роботи. Розробити математичну модель динамічних характеристик парозволожувачів повітря і на її основі вдосконалити систему регулювання вологості.

Результати досліджень. З точки зору математичного опису парозволожувач повітря, як об'єкт автоматичного регулювання вологості в умовах низьких температур, являє собою складну багатопараметричну систему з чотирма вхідними і трьома вихідними параметрами (рис. 1).

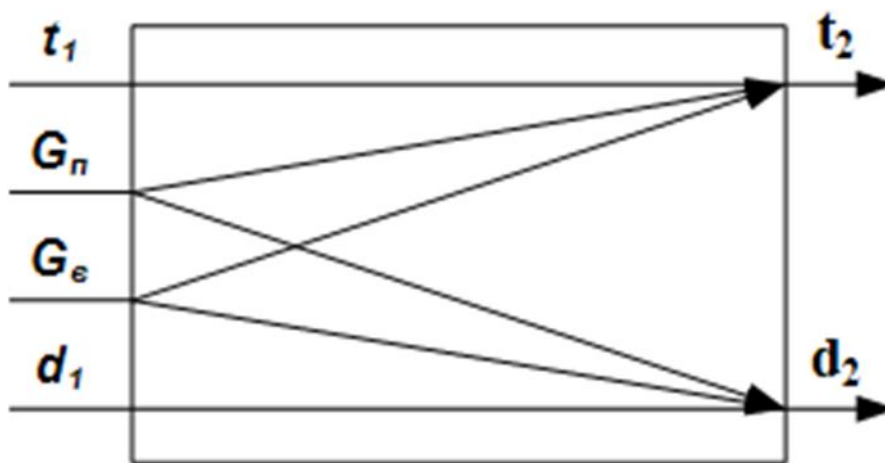


Рис. 1. – Інформаційна модель парозволожувача

При виведенні рівнянь для опису динамічних властивостей об'єкта прийнято такі припущення:

- зволожувач розглядається як проточний апарат ідеального змішування;
- втрати теплоти в оточуюче середовище не враховуються;
- фізичні властивості робочих (взаємодіючих) середовищ пари-повітря умовно прийняті постійними в часі та незалежними від температури.

Математична модель зволожувача отримана на основі теплового і матеріального балансу у вигляді рівнянь динаміки змінення температури і вологовмісту повітря на виході із апарата ($t_2(\tau)$, $d_2(\tau)$).

З урахуванням прийнятих припущень система рівнянь математичного опису нестационарного режимів парозволожувача може бути записана у такому вигляді:

$$m_v \frac{dI_2}{d\tau} = G_n i_n - G_v (I_2 - I_1), \quad (1)$$

$$m_v \frac{dd_2}{d\tau} = G_n 10^3 - G_v (d_2 - d_1), \quad (2)$$

де: I_2, d_2 - питома ентальпія і вологовміст повітря на виході і парозволожувача, відповідно в кДж/кг та г/кг_{сп};
 m_v - маса повітря (сухого) в об'ємі зволожувача, кг;
 G_n, G_v - витрати водяної пари і повітря, кг/сек.;

$$i_n - \text{ентальпія водяної пари } i_n = \frac{I_2 - I_1}{d_2 - d_1} 10^3;$$

I_1, d_1 - питома ентальпія і вологовміст повітря на вході в парозволожувач, відповідно в кДж/кг та г/кг_{сп}.

Ентальпія перегрітої водяної пари у ненасиченому вологому повітрі [3]:

$$i'_n = 2500 + 1,86t_n, \quad (3)$$

де: t_n - температура пари, °С.

Система рівнянь (1)-(2) не є взаємопов'язаною і не враховує перехресні зв'язки, які можна визначити розкриваючи значення $i(t, d)$ за відомою формулою:

$$i = c_p t + d(1,86t + 2500)10^{-3}. \quad (4)$$

В діапазоні незначних змінень параметрів t, d (-2...+2°С, 2.5...3.6г/кг_{сп}) вираз (4) можна спростити:

$$i(\tau) = c_p t_v(\tau) + r_0 d_v(\tau)10^{-3}, \quad (5)$$

де: c_p - питома теплоємність повітря, кДж/(кг·К);
 r_0 - питома теплота пароутворення, кДж/кг.

Для визначення взаємозв'язку $t_2 \rightarrow d_1 \rightarrow G_n$ розв'яжемо рівняння (1)-(2)

для сталого режиму ($\frac{di_2}{d\tau} = \frac{dd_2}{d\tau} = 0$) з урахуванням (5). Отримаємо залежність:

$$t_2 = \frac{G_n}{G_v} \left(\frac{i_n}{a} - \frac{b}{a} 10^3 \right) + t_1. \quad (6)$$

Таким чином визначено, що величина температури повітря на виході паро-зволожувача від вологовмісту повітря не залежить.

Диференціюючи рівняння (5) за часом і розв'язуючи його відносно $\frac{dt_2(\tau)}{d\tau}$ сумісно з рівнянням (2) будемо мати диференціальне рівняння, яке визначає перехідний процес змінення температури повітря при додаванні в нього водяної пари:

$$\frac{dt_2(\tau)}{d\tau} = \frac{G_n(\tau)}{m_v c_p} (i_n - r_0) - \frac{G_v}{m_v} t_2(\tau) - \frac{G_v}{m_v} t_1; \quad (7)$$

або

$$\frac{m_v}{G_v(\tau)} \frac{dt_2(\tau)}{d\tau} + t_2(\tau) = \frac{G_n(\tau)}{G_v(\tau)} (i_n - r_0) + t_1. \quad (8)$$

Розв'язком рівнянь (2) і (7) при початкових умовах: $d_2(\tau)|_{\tau=0} = d_{20}$, $t_2(\tau)|_{\tau=0} = t_{20}$ отримані перехідні характеристики паразволожувача:

$$d_2(\tau) = A - (A - d_{20}) e^{\frac{-\tau}{T}}, \quad (9)$$

$$t_2(\tau) = B - (B - t_{20}) e^{\frac{-\tau}{T}}, \quad (10)$$

де: $A = \frac{G_n}{G_v} 10^3 + d_1;$

$$T = \frac{m_v}{G_v};$$

$$B = \frac{G_n}{G_v} (i_n - r_0) + t_1.$$

Після перетворення рівнянь (2) і (6) за Лапласом з урахуванням апроксимації $\left(\frac{10^3}{G_v} = a_1 - b_1 G_v \right)$ отримані передаточні функції по каналах управління і збурення:

$$W_1(p) = \frac{t_2(p)}{G_n(p)} = \frac{k_1}{Tp + 1}; \quad k_1 = a_1 (i_n - r_0);$$

$$\begin{aligned}
W_2(p) &= \frac{t_2(p)}{G_v(p)} = \frac{k_2}{Tp+1}; \quad k_2 = -G_n b_1 (i_n - r_0); \\
W_3(p) &= \frac{t_2(p)}{t_1(p)} = \frac{1}{Tp+1}; \\
W_4(p) &= \frac{d_2(p)}{G_n(p)} = \frac{k_4}{Tp+1}; \quad k_4 = a_1; \\
W_5(p) &= \frac{d_2(p)}{G_v(p)} = \frac{k_5}{Tp+1}; \quad k_5 = -G_n b_1; \\
W_6(p) &= \frac{d_2(p)}{d_1(p)} = \frac{1}{Tp+1}.
\end{aligned} \tag{11}$$

Регулюючим параметром об'єкта є витрати пари $G_n(\tau)$. Величини $t_1(\tau), d_2(\tau), G_v(\tau)$ є збуреннями викликаними нарощуванням інею на поверхні повітроохолоджувача (попередня ланка системи підготовки повітря) та відповідного зміненнями $G_v(\tau)$. Враховуючи, що за умовами технологічного регламенту відношення $\frac{G_n(\tau)}{G_v(\tau)} = const$, величину G_v можна прийняти сталою для певного режиму роботи системи (охолодження, зберігання).

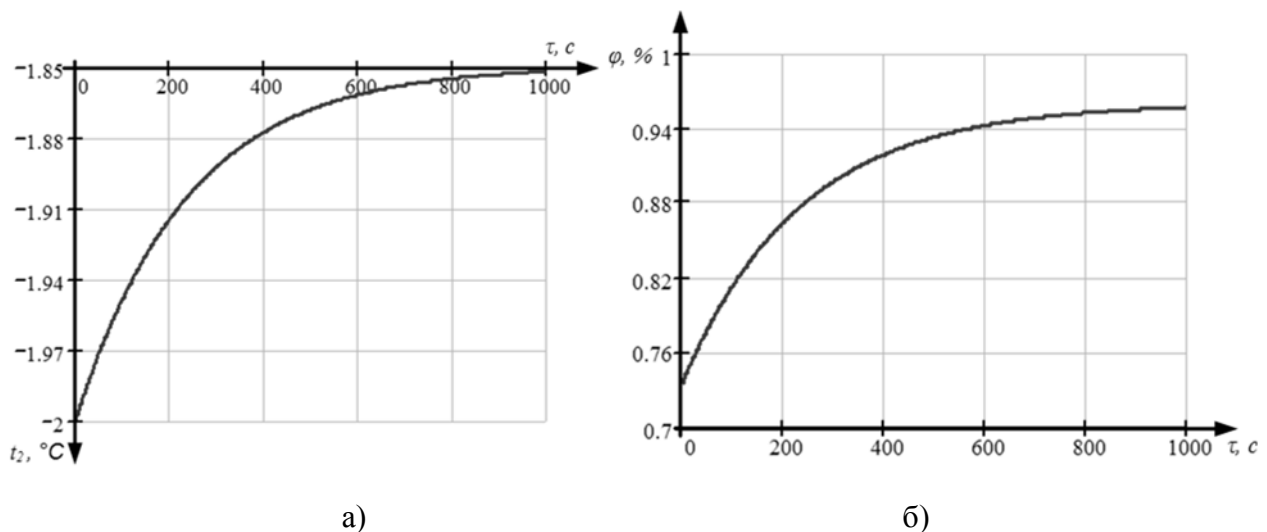


Рис. 2 – Перехідні процеси змінення температури (а), вологості (б) повітря

Подача водяної пари в паро-зволожувач відбувається від парогенератора з водяним баком із елементними електродними (електродний котел) або інфрачервоними нагрівачами.

Характеристики парогенератора випарника отримано з рівняння теплового балансу:

$$rdG_n = dP_n \tau - c_w m_w \Delta \theta_w \tag{12}$$

де: $c_w, m_w, \Delta \theta_w$ - питома теплоємність, маса і температура води у випарнику, відповідно кДж/(кг·гр), кг, °С;

P_n - електрична потужність, кВт.

Другий член правої частини рівняння (12) враховує динаміку нагрівання води до температури кипіння. Як правило паро-зволожувач (електродного та елементного типу) вмикають після доведення температури води до значення близького до кипіння, а далі пару перегрівають до температури 110-116°C на виході парогенератора.

Тому, якщо температура води нижча за 100°C на величину $\Delta\theta_w$, донагрівання можна врахувати величиною чистого запізнення:

$$\tau = \frac{c_w m_w \Delta\theta_w}{P_n} \quad (13)$$

Тоді передаточну функцію по каналу паропродуктивність ΔG_n , потужність нагрівача ΔP_n отримаємо у вигляді:

$$W_{nc}(p) = \frac{\Delta G_n}{\Delta P_n} = k_3 e^{-\tau p}, \quad (14)$$

де: $k_3 = r_0^{-1}$.

Зволоження повітря холодильної камери шляхом подачі водяної пари, яка повністю поглинається повітрям набуло поширення в промисловості при централізованому паропостачанні.

При використанні автономних паро-зволожувачів доцільно використовувати безконтактне випаровування води із застосуванням ІЧ-випромінювачів [10].

На рис. 3 наведено структурну схему динамічної моделі парозволожувача повітря для холодильної камери плодоовочесховищ, а вирази (11) конкретизують її зміст.

Ілюстрація функціонування повної моделі парозволожувача, з двопозиційною САР з алгоритмом управління, що відповідає штатній двопозиційній САР вологістю повітря відтворена на рис. 4.

Наведені часові графіки відображають режими роботи САР вологості повітря на виході парозволожувача яка підтримується в регламентованих нормах: 88-95%.

Висновки:

1. Отримано математичну модель динамічних характеристик парозволожувача повітря, яка дозволяє аналізувати перехідні процеси при нанесені управляючих і збурюючих впливів.
2. Моделювання на ПОМ системи регулювання двопозиційної дії встановлено чисельні значення автоколивань вологості повітря на виході зволожувача, які задовольняють нормативним вимогам.

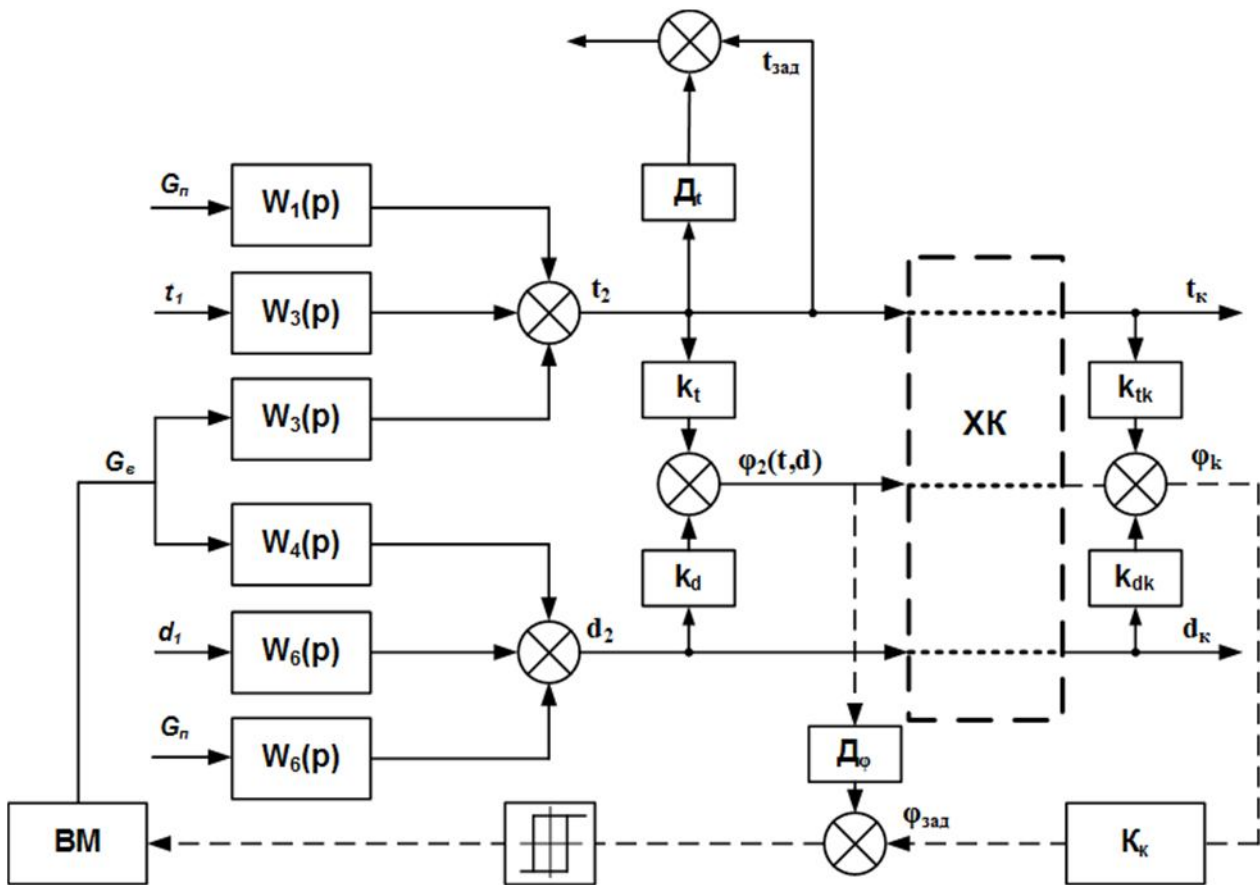


Рис. 3 – Структурна схема САР вологості повітря

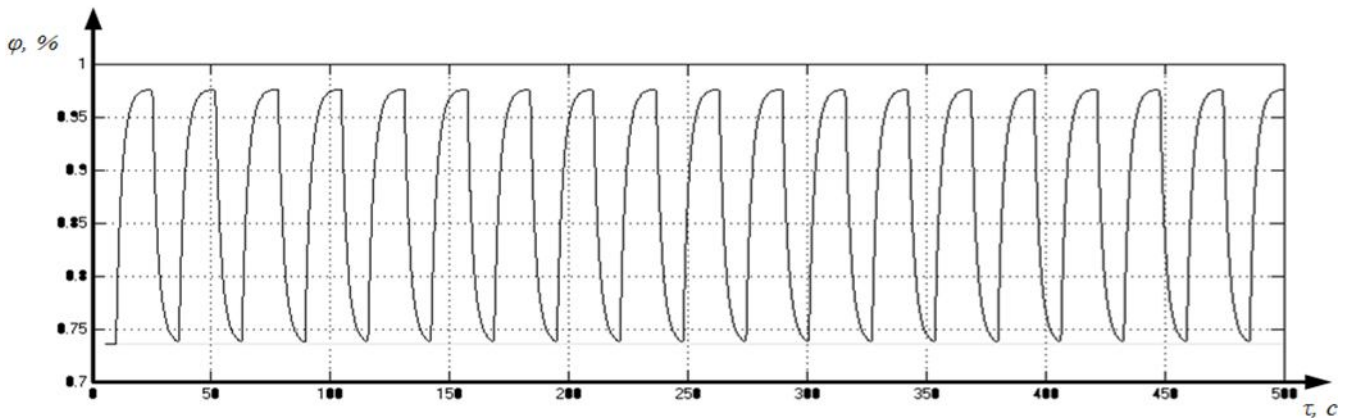


Рис. 4 – Перехідний процес роботи САР вологості повітря на виході парозволожувача

Список використаних джерел

1. Волкинд И.Л. Промышленная технология хранения картофеля, овощей и плодов. – М.: Агропромиздат, 1989. – 239 с.
2. Гоголин А.А. Кондиционирование воздуха при хранении скоропортящихся продуктов// Холодильная техника. 1970. – № 9. – С.5-9.
3. Цинман М.М., Янюк В.Я. Холодильники для фруктов. – М.:Пищевая промышленность, 1966. – 202 с.
4. Костырко К. Измерение и регулирование влажностью воздуха в помещениях. – М.: Стройиздат, 1982. – 212 с.

5. Драганов Б.Х., Василив П.А. Исследование вертикально-дискового аэрозольного увлажнителя воздуха с системой вентиляции в автоматическом режиме для плодоовощехранилищ // Вестник сельскохозяйственных наук. – 1986. – № 11. – С.78-82.
6. Крымский А.И., Манауков Г.К. Исследование процессов тепло- и массообмена в увлажнителе воздуха для холодильных камер// Холодильная техника и технология, 1988. – Вып. 47. – С. 80-85.
7. Акменс П.Ю. Увлажнение воздуха паром// Вентиляция и кондиционирование воздуха. – Рига, 1972. – №5. – С. 17-20.
8. Луговской А.В., Луганский А.Ф. Системы подачи жидкости и регулирования производительности в ультразвуковых диспергаторах// Вестник национального технического университета "ХПИ", сер. Машиностроение (Технологии в машиностроении), 2001. – Вып. 129, ч. 2. – С. 137-141.
9. Нестеренко А.В. Основы термодинамических расчетов вентиляции и кондиционирования воздуха. – М.: ВШ. 1965. – 395 с.
10. Practical Heating Technology, 2nd Edition Bill Johnson, Kevin Standiford, William Johnson. NK: Delmar, CENGAGE Learning, 2009. – 515 p.

Аннотация

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ СИСТЕМЫ УВЛАЖНЕНИЯ ВОЗДУХА И АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ НИМИ

Котов Б.И., Грищенко В.О.

В статье рассмотрена математическая модель процесса увлажнения воздуха паром для холодильного хранения продуктов и структура системы управления

Abstract

MODELING OF DYNAMIC WORK OF SYSTEM COOLING AND AUTOMATIZATION OF THEM

B. Kotov, V. Grischenko

In article is considered mathematical model of the process of the moistening the air ferry for refrigeration keeping of the products and structure managerial system

СУЧАСНИЙ СТАН МАШИНОВИКОРИСТАННЯ В ЗЕМЛЕРОБСТВІ НА ПРИКЛАДІ ГОСПОДАРСТВ КРАСНОГРАДСЬКОГО РАЙОНУ ХАРКІВСЬКОЇ ОЛАСТІ

Ковтун Ю.І., д.с.-г.н., акад. ІАУ, проф., Міронов П.А., к.т.н., доц.
Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка

В статті подані результати аналізу використання сільгосптехніки в одному із районів Степової зони в залежності від технологічних рівнів господарств.

Відповідно до науково – дослідної теми з розробки технологічної блочно-варіантної системи машиновикористання в землеробстві на етапі дослідження методологічних підходів [1] постало питання оцінки сучасного стану застосування сільгосптехніки. Пошук відповіді на дане питання базується на відповідних положеннях рівнево-порівняльної теорії [2] та існуючої методики визначення технологічних рівнів господарств [3], згідно яких і множина можливих значень врожайності культур, і множина можливих значень їх посівних площ, розподіляються за рівнями врожайності – на низький, середній і великий (перший рядок таблиці 1), а за рівнями посівних площ – на малу, середню і велику (другий рядок таблиці 1). При цьому мається на увазі, що чим вища врожайність і більша посівна площа, тим вищий рівень агротехніки і якості виконання технологічних операцій, а також тим вищий рівень механізації, технічного і ресурсного забезпечення, ефективності машиновикористання в землеробстві господарства.

Таблиця 1 – Шкала технологічних рівнів розподілу господарств в залежності від урожайності зернових і зернобобових культур і їх посівних площ

Рівні врожайності	Низький			Середній			Високий		
Рівні посівних площ	Мала	Середня	Велика	М	С	В	М	С	В
9-ти бальна шкала технологічних рівнів	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Шкала технологічних рівнів за інтервалами балів	Низький			Середній			Високий		

Визначені три рівня значень врожайності культур і три рівня значень їх посівних площ, розставлені в порядку, приведеному на перших двох рядках таблиці 1, являють собою 9-ти рівневу шкалу технологічності господарства за даними урожайності вирощуваних провідних культур і даними їх посівних площ, за якою можна визначити місце господарства на цій шкалі. Для визначення та оцінки рівня технологічності господарства, більше підходить 9-ти бальна шкала (третій рядок таблиці 1).

Технологічні рівні господарств за інтервалами (межами) балів,

розподіляються також на три рівня: низький, середній та високий у відповідності з трьохрівневою шкалою, вид якої приведений на четвертому рядку таблиці 1.

Для оцінки стану використання сільськогосподарської техніки в сучасному землеробстві було вибрано декілька районів Харківської області, які розміщені в Лісостеповій та Степовій агрокліматичних зонах. Одним із таких регіонів були взяті господарства Красноградщини, які розміщені в Степовій зоні.

Степова агрокліматична зона Харківщини характеризується звичайними чорноземними ґрунтами, середньорічними опадами до 500 мм (при діапазоні по області 480-510 мм), сумою температур більше 10⁰С в середньому 2740⁰С (по області 2640-2800⁰С), бонітетом по зернових 67 (по області 60-73) [4].

Всього в Красноградському районі, згідно форми 29 с-г статистичного обліку, на кінець 2009 року налічувалось 35 господарств різних економічних та юридичних форм господарювання: фермерські господарства (ФГ), кооперативи, підсобні господарства (ПС), радянські господарства (РГ), товариства з обмеженою відповідальністю (ТОВ), відкриті акціонерні товариства (ВАТ) та приватні підприємства (ПП). За середніми даними за 2007-2009 роки врожайність зернових і зернобобових культур коливалась в господарствах від 12 до 80 ц/га на площах розміром від 23 до 4896га.

Після визначення меж трьох рівнів врожайності культур (перший рядок табл. 2), та меж трьох рівнів їх посівних площ (другий рядок табл. 2), а також після визначення та побудови 9-ти бальної шкали (третій рядок табл. 2) визначаємо розподіл господарств по 9-ти рівневій (або 9-ти бальній) шкалі їх технічних рівнів: по кількості господарств в кожному з 9-ти відповідних рівнів (або балів) в штуках (четвертий рядок табл. 2), та у відсотках (п'ятий рядок табл. 2). Останнім визначаємо розподіл господарств району за трьома межами (інтервалами) балів: (1-4), (5-7), (8-9), відповідних їх трьом технологічним рівням: низькому, середньому та високому (шостий рядок табл. 2).

Таблиця – 2 Кількість господарств за технологічними рівнями в Красноградському районі Харківської області

1	Межі врожайності, ц/га	Низька 12-35			Середня 36-58			Висока 59-80		
		Мала 23- 1647	Середня 1648- 3271	Велика 3272- 4896	М	С	В	М	С	В
2	Межі площ, га									
3	9-ти бальна шкала	1	2	3	4	5	6	7	8	9
4	Кількість господарств даного рівня в штуках	22	3	-	5	3	1	-	1	-
5	Кількість господарств даного рівня у відсотках	63	8,5	-	14	8,5	3	-	3	-
6	Шкала за 3-ма техноло- гічними рівнями	Низький технологічний рівень (ТР) 30/85,5			Середній ТР 4/11,5			Високий ТР 1/3		

За виконаними розрахунками до низького технологічного рівня відносяться 30 з 35-ти господарств району, або 85,5% від загальної кількості господарств, до середнього рівня – 4 господарства, або 11,5%, до високого рівня відноситься 1 господарство або 3% від загальної кількості господарств.

За планом досліджень передбачалось вияснити чим відрізняється і що є спільного в машиновикористанні в господарствах різного технологічного рівня.

За нашими спостереженнями і аналізом особливостей відмічається, що господарства, які оцінюються в 1 бал є в основному приватними, з площею посівів від 23 до 1357 га, з набором провідних зернових культур і соняшника.

Застосовують переважно традиційну застарілу технологію виробництва сільськогосподарських культур. При цьому використовують переважно вітчизняну техніку 70-80-х років минулого століття, з окремими машинами закордонного виробництва.

Господарства цієї групи площею понад 400га мають невеликий обсяг тваринництва, вносять органічні та мінеральні добрива в ґрунт.

Є окремі випадки застосування техніки на основі підряду, що за словами господарів є вигідним через відсутність коштів для закупівлі власної техніки.

Господарства, які оцінюються в 2 бали, є, як і господарства, що оцінюються в 1 бал, в основному приватними з переважно таким же набором культур, як і в однобальних господарствах. Головна різниця між одно і двобальними господарствами полягає в розмірах посівної площі – у двобальному господарстві №18 вона перевищує площу найкрупнішого однобального господарства більш ніж на 1000 га. Відповідно більше і техніки, при чому не тільки кількісно, а і якісно. В першу чергу якісно оновились агрегати для сівби зернових колосових культур (Хорш, Джон Дір), що є логічним шагом, так як збільшились площі якраз під ці культури.

В групі господарств оцінкою в 4 бала для спостереження і оцінки машиновикористання було підібрано господарство №14. За юридичною, організаційною і економічною формами господарювання рослинництво являється підсобним підприємством – його площа дорівнює 471 га, які розподілені між 10 полями.

В рослинництві зайнято 4 робітника: 3 механізатора і 1 водій автомобіля. Відмінність даного 4-х бального господарства від (1-2) бальних полягає в суттєво кращому стані майже усіх складових МТП: із машин і знарядь до 2000 року випуску використовується тільки трактор Джон Дір (1998р) і плуг ПЛН-3-35 (1987р). Решта техніки має рік випуску після 2000 року, в основному (2005-2009р.р.), при цьому співвідношення між вітчизняною та зарубіжною технікою близько 50 на 50%. Ще одна відмінність полягає в тому, що при виробництві озимої пшениці в цілому за традиційною технологією використовуються деякі елементи інтенсивної технології, такі, наприклад, як позакореневе підживлення (правда не зовсім екологічним методом-розкиданням добрив в ночі по мерзлому ґрунту) та підживлення карбамідом у фазі „колосіння” - „цвітіння”.

До господарств з найвищою оцінкою у 8 балів належить господарство за номером 10. Його форма господарювання – приватне сільськогосподарське господарство з обмеженою відповідальністю (ПСТОВ), напрям господарської

діяльності рослинництво з загальною посівною площею 3564га і м'ясо-молочне тваринництво з поголів'ям у 950 голів.

Максимальна врожайність озимої пшениці в 2008 році склала 83,9 ц/га, найбільша урожайність ячменя в 2008 році склала 78,8 ц/га, максимальна урожайність соняшника в 2008 році склала 45,9 ц/га. Обумовлюються такі врожаї тим, що в господарстві щорічно вноситься по 12000т гною (\approx на 400га) та по 200 кг/га мінеральних добрив.

Висновки

1. Запропоновані методичні підходи при аналізі машиновикористання в землеробстві дозволяють проводити їх відповідну класифікацію за 9-ти бальною шкалою технологічних рівнів і узагальнення за трьома технологічними рівнями.
2. Господарства суттєво відрізняються в оснащенні технікою в залежності від їх технологічного рівня.
3. Необхідно для практичної допомоги господарствам розробити технологічні блочно-варіантні системи для господарств різних технологічних рівнів.

Список використаних джерел

1. Мазоренко Д.І. Проектні розробки перспективної блочно-варіантної системи машиновикористання в землеробстві. / Д.І. Мазоренко, Ю.І. Ковтун, С.О. Харченко: // В зб. ХНТУСГ., вип. 93, Т.1. – Харків: ХНТУСГ, 2010. – С.5 - 10.
2. Ковтун Ю.І. Рівністика: видання друге, виправлене, уточнене і доповнене. /Ю.І. Ковтун – Харків: КП Міська друкарня, 2010. – 184 с.
3. Ковтун Ю.І. Система якості „поле-машина” з основами агро кваліметрії: наукові рекомендації для працівників механізованого рослинництва. / Ю.І. Ковтун – Харків: ПНВП Промпроект, 2007. – 140 с.
4. Научно-обоснованая система земледелия для Харьковской области. – Харьков: Облполитиздат, 1983. – 253 с.

Аннотация

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ МАШИНОИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ЗЕМЛЕДЕЛИИ НА ПРИМЕРЕ ХОЗЯЙСТВ КРАСНОГРАДСКОГО РАЙОНА ХАРЬКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Ковтун Ю.И., Миронов П.А.

В статье приведены результаты анализа исследования сельхозтехники в одном из районов Степной зоны в зависимости от технологических уровней хозяйств.

Abstract

MODERN TYPE OF MACHINERY IN AGRICULTURAL ON THE FARMS OF KRASNOGRADSKIY REGION KHARKIV AREA

Y. Kovtun, P. Mironov

In article got results of analysis research agricultural machinery in one region of Field area in ordinaty with technological levels.

УДК 631.333

К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ОПТИМАЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ РАБОТЫ АГРЕГАТА ПО ВНЕСЕНИЮ УДОБРЕНИЙ МЕТОДОМ РАЗБРАСЫВАНИЯ

Мельник В.И., д.т.н., Романащенко А.А., доц.

Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства имени Петра Василенко

В статье рассмотрены процессы деформации, которые происходят в куче органических удобрений при формировании из неё валка.

Постановка проблемы. Одной из современных технологий схем внесения удобрений в почву является формирование с помощью подвижного агрегата из расположенных на поле куч отдельных валков, и последующего распределения удобрений по полю путем разбрасывания. После попадания бурта на первый щит агрегата («направляющий» щит) бурт переходит на второй щит «разрыхляющий» и за тем выходит в виде валка, попадающего на разбрасыватель. В соответствии с технологическими требованиями (о равномерности распределения удобрений по поверхности поля, отсутствия свободообразования в зазоре между щитом и т. д.) консистенция удобрений должна быть достаточно гомогенной с минимальной кусковатостью. Неоднородности материала удобрений способствует слеживаемость и склеиваемость при нахождении его в буртах. В настоящей работе рассматриваются деформационные процессы, происходящие в материале бурта при формировании из него распределения удобрений в виде одного валка.

Анализ последних исследований и публикаций. Материал удобрений является легкодеформируемой средой и в качестве его реологических моделей могут быть использованы методы гидродинамики вязкой жидкости, механики сыпучей среды, теории упругости [1,2].

Целью работы является правильное размещение формирующего и дозирующего щитов для получения качественного валка органических удобрений.

Рассмотрим движение материала среды между щитами, используя гидродинамическую модель движения вязкой жидкости внутри диффузора с учетом разрыхления движущейся среды (появление отрывных течений,

кавитационных полостей, которые характерны для движения вязкой жидкости [3, 4]). Отметим, что в работе [5] использовалась модель движения вязкой жидкости в диффузоре в случае безотрывного течения (задача Гамеля).

Наступление кавитации характеризуется числами кавитации:

$$x = \frac{2P}{\rho V^2}, \quad (1)$$

и

$$x' = \frac{P_{\text{вх}}}{P_{\text{вх}} - P_{\text{вых}}}, \quad (2)$$

где: x, x' – числа кавитации;

P, V – давление и скорость на участке течения перед кавитационной полостью;

$P_{\text{вх}}, P_{\text{вых}}$ – давление перед и после кавитационной полости;

ρ – плотность движущейся среды.

Найдем соотношение между x и x' . Имеем:

$$x' = \frac{P_{\text{вх}}}{P_{\text{вх}} - P_{\text{вых}}} = \frac{2P_{\text{вх}}}{\zeta \rho V^2},$$

здесь использована формула для потери давления на гидравлическом сопротивлении (формула Вейсбаха-Дарси), ζ – коэффициент потерь. Отсюда переходим на основании (1), (2)

$$x' = \zeta x'. \quad (3)$$

По данным, приведенным в [6, 7] $P_{\text{вых}} / P_{\text{вх}} = 0,8$ или используя (2) получим $x' = 5$. Подставим в (3) значение $x = 0,3$ [6, 7], найдем из (3):

$$\zeta = 6 \cdot 10^{-2}.$$

При этом значении коэффициента потерь создаются условия для нарушения устойчивости движения среды ее разрыхления, выражающееся в терминах гидродинамики образования кавитационных кавери, полостей, обрывных течений. С целью определения давления внутри среды используем уравнение Бернули:

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} + h^*.$$

Здесь индексы 1 и 2 относятся к начальному и конечному сечению движущейся среды.

h^* – потеря напора между сечениями 1-1 и 2-2 в линейных единицах.

Отсюда имеем (S_1, S_2 – площади сечения в потоке 1-1 и 2-2).

$$(P_1 - P_2) \frac{1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} \left(\frac{S_2}{S_1} \right) = \frac{V_2^2}{2g} + \zeta \frac{V_2^2}{2g},$$

здесь использовано уравнение неразрывности $V_1 S_1 = V_2 S_2$.

Далее находим:

$$\frac{\Delta P}{\rho g} = \frac{V_2^2}{2g} \left[1 + \zeta - \left(\frac{S_2}{S_1} \right)^2 \right],$$

или

$$V_2^2 = \frac{2g\Delta H}{1 + \zeta - \left(\frac{S_2}{S_1} \right)^2}, \quad \Delta H = \frac{P_1 - P_2}{\rho g}.$$

Отсюда, используя уравнение неразрывности

$$V_1^2 = 2 \frac{P_1 - P_2}{\rho} \cdot \frac{1}{(1 + \zeta) \left(\frac{S_1}{S_2} \right)^2 - 1},$$

или

$$P_1 - P_2 = \frac{\rho V_1^2}{2} \left[(1 + \zeta) \left(\frac{S_1}{S_2} \right)^2 - 1 \right],$$

в выходном сечении, $P_2 = 0$, поэтому:

$$P_1 = \frac{\rho V_1^2}{2} \left[(1 + \zeta) \left(\frac{S_2}{S_1} \right)^2 - 1 \right], \quad (5)$$

в случае плоского диффузора находим:

$$S_2 = h l_2, \quad S_1 = h \left[2l \sin \frac{\alpha}{2} + l_2 \right], \quad (6)$$

где: l_1, l_2 l – ширины входного и выходного отверстий диффузора, длина щита;

$\alpha/2$ – угол между осью диффузора и его боковыми сторонами;

h – высота щита.

Для силы F действующей на движущийся массив имеем:

$$F = S_1 P_1 = S_1 \frac{\rho V_1^2}{2} \left[(1 + \zeta) \left(\frac{S_1}{S_2} \right)^2 - 1 \right]. \quad (7)$$

Составим уравнения движения массива под действием приложенных сил. Проекция на ось Y (направленной вдоль оси диффузора к его вершине) дает:

$$F_{uz} \cos \frac{\alpha}{2} + N \sin \frac{\alpha}{2} - F_n \cos \gamma + F = 0. \quad (8)$$

Для проекции на ось X перпендикулярную оси диффузора находим:

$$F_n \sin \gamma + F_{uz} \sin \frac{\alpha}{2} - N \cos \frac{\alpha}{2} = 0, \quad (9)$$

где: F_{uz} , F_n , – силы трения между массивом и поверхностями щита и поля, соответственно;

N – нормальная реакции поверхности щита.

Исключение из (8) и (9) реакции N приведет к соотношению:

$$KP \left[1 - \operatorname{tg} \gamma \operatorname{tg} \left(\frac{\alpha}{2} + \varphi \right) \right] \cos \gamma = F, \quad (10)$$

где: γ – угол между направлением движения и осью диффузора;

K – коэффициент внутреннего трения материала массива;

P – вес бурта.

Рассмотрим сначала более простой случай, когда бурт перемещается вдоль оси (т. е. $\gamma = 0$), из (10) и (7) имеем:

$$S^3 - S^2 + S + 1 - T = 0, \quad (11)$$

где

$$S = \frac{S_1}{S_2}, \quad T = 4 \frac{KP}{hl_2 \rho V_1^2}.$$

При получении (11) использовано соотношение Идельчина [6, 7] для коэффициента потерь в конфузоре (диффузоре с течением к вершине).

$$\zeta = \frac{1}{2} \left(1 - \frac{S_2}{S_1} \right)$$

Уравнение (11) определяет критическое значение угла $\alpha/2$ (через посредство S с учетом (6)) при котором будет движение с разрыхлением и перемешиванием (аналог гидродинамической турбулентности). Уравнение (11) является кубическим алгебраическим уравнением имеющим три корня из

которых в соответствии с формулой Кордана [10] два будут комплексными, один действительный. При этом учитывая представление S (вытекающее из (8)):

$$S = 2 \frac{l}{l_2} \sin \frac{\alpha}{2} + 1, \quad (12)$$

имеем, что значение этого корня должно быть больше единицы.

Полагая:

$$P = 250 \text{ кг} = 2,45 \cdot 10^3 \text{ Н} ; K = 0,6; V = 0,8 \text{ м/с}; \\ \rho = 7 \cdot 10^2 \text{ кг/м}^3, l = l_2 = h = 1 \text{ м}, \quad (13)$$

найдем из (11):

$$S_3 - S_2 + S + 13,1 = 0. \quad (14)$$

В качестве первого приближения полагаем:

$$S_k = 2,5. \quad (15)$$

При этом величина невязки δ [11] будет:

$$\delta = 13,1 - 12,875 = 0,22.$$

Далее имеем:

$$f'(s) \Big|_{S_k=2,5} = \frac{d}{ds} (S^3 - S^2 + S + 1) \Big|_{S_k=2,5} = 14,75.$$

Величина абсолютной погрешности приближенного значения корня $S = 2,5$, по сравнению с его точной величиной будет:

$$\Delta = \frac{\delta}{f'(2,5)} = \frac{0,22}{14,75} = 1,5 \cdot 10^{-2}. \quad (16)$$

Для относительной погрешности имеем:

$$\frac{\Delta}{S_k} = \frac{1,5 \cdot 10^{-2}}{2,5} = 6 \cdot 10^{-3} = 0,6\%. \quad (16^*)$$

Таким образом, точность вычисленного значения корня S на порядок выше обычного принимаемого в технических приложениях пятипроцентного уровня точности (см. напр. [9]). Найдем критическое значение угла $\alpha/2$, соответствующее значению $S_k = 2,5$, имеем:

$$S = \frac{S_1}{S_2} = 2 \frac{l}{l_2} \sin \frac{\alpha}{2} + 1 = 2,5.$$

Отсюда при $l_2/l = l$ и $l_2/l = 0,9$ находим соответственно:

$$\frac{\alpha}{2} = 48^\circ, \frac{\alpha}{2} = 42,45^\circ = 42^\circ 27'. \quad (17)$$

При углах $\alpha/2$ больших этих критических значений возможно прекращения движения массива через агрегат, происходит его «запирание» (сопровождающееся, например, свободообразованием).

В более общем случае движение если

$$\gamma \neq 0, \quad (18)$$

из (10), (18) находим:

$$\sin(n - \gamma) \sqrt{\operatorname{tg}^2\left(\varphi + \frac{\alpha}{2}\right) + 1} = \frac{F}{KP}, \quad (19)$$

где

$$\eta = \arcsin \frac{1}{\sqrt{\operatorname{tg}^2\left(\varphi + \frac{\alpha}{2}\right) + 1}}, \quad (20)$$

таким образом, имеем:

$$\frac{F}{KP} = \frac{\sin(\eta - \gamma)}{\cos\left(\gamma + \frac{\alpha}{2}\right)}, \quad (21)$$

из (10) получим:

$$\gamma = \arcsin\left[\cos\left(\varphi + \frac{\alpha}{2}\right)\right] + \arcsin\left[\frac{F}{KP} \cos\left(\varphi + \frac{\alpha}{2}\right)\right],$$

или используя теорему сложения для арксинусов [12]

$$\gamma = \eta + \arccos\left[\sin\left(\varphi + \frac{\alpha}{2}\right) \sqrt{1 + \left(\frac{F}{KP}\right)^2 \cos^2\left(\varphi + \frac{\alpha}{2}\right)} - \frac{F}{KP} \cos^2\left(\varphi + \frac{\alpha}{2}\right)\right], \quad (22)$$

отсюда в частном случае $F = 0$ получим представление:

$$\gamma = \frac{\pi}{2} - \left(\frac{\alpha}{2} + \varphi\right), \quad (23)$$

приведенное в [5], отметим, что в (21) эквивалентно соотношению:

$$\frac{\cos\left(\gamma + \varphi + \frac{\alpha}{2}\right)}{\cos\left(\frac{\alpha}{2} + \varphi\right)} = \frac{F}{KP}, \quad (24)$$

отсюда и из (7), используя формулу Идельчика получим при $\gamma \neq 0$ (по аналогии с (11))

$$S^3 - S^2 + 1 - 4 \frac{KP}{hl_2 \rho V_1^2} \frac{\cos\left(\gamma + \varphi + \frac{\alpha}{2}\right)}{\cos\left(\varphi + \frac{\alpha}{2}\right)} = 0. \quad (25)$$

При этом угол Ψ между плоскостью щита и направлением перемещения бурта по отношению к абсолютной системе координат связанной с полем будет:

$$\psi = \gamma + \frac{\alpha}{2}. \quad (26)$$

Таким образом, при углах наклона щита $\alpha/2$ к оси диффузора меньше критического значения $\alpha_k/2$ определяемой соотношением (17) материал массива при движении будет разрыхляться что, в частности, будет препятствовать содообразованию при выходи из агрегата, в случае углов больших критических создается условие для образования сводов между щитами.

Найдем условие, при котором параметры полосы удобрений сформированной из бурта будет обеспечивать непрерывность процесса внесения удобрений. Из условий баланса массы имеем:

$$Zl_2h = \frac{m}{\rho}, \quad (27)$$

где: Z – расстояние между соседними буртами;
 l_2 – ширина полосы, равная ширине выходного отверстия диффузора;
 h – высота полосы;
 m – масса бурта.

Из (27) находим:

$$l_2 = \frac{m}{Zh\rho}. \quad (28)$$

Это соотношение определяет ширину полосы обеспечивающей непрерывность внесения удобрений найдем производительность Q агрегата имеем:

$$Q = \frac{m}{T}, \quad (29)$$

где: T – время движения агрегата между буртами.

Из (29) находим:

$$Q = \frac{mV}{T}, \quad (30)$$

или на основании (27):

$$Q = Vl_2 h \rho, \quad (31)$$

используя соотношения (16*) имеем:

$$l_2 = 1,33l \sin \frac{\alpha}{2}, \quad (32)$$

и из (31) находим:

$$Q = 1,33 \rho h V l \sin \frac{\alpha}{2}, \quad (33)$$

используя соотношение (которое следует из (16*)) и при этом считается, что ширина бурта равна ширине l_1 входного отверстия диффузора)

$$B = l_2 + 2l \sin \frac{\alpha}{2}, \quad (34)$$

где: B – ширина бурта, найдем из (33):

$$Q = 0,67 \rho V h (B - l_2). \quad (35)$$

В правую часть этого соотношения входят известные величины, поэтому (35) полностью определяет производительность агрегата.

Выводы

1. Полученный угол между направляющим и разрыхляющим щитами дает возможность исключения сводообразования между ними.
2. Полученные параметры дозирующего окна дают возможность качественного и непрерывного процесса формирования валка удобрений.

Список использованных источников

1. Седов Л. И. Механика сплошной среды. Том II. – М.: Наука, 1973. – 574с.
2. Дидух Б.И. Механика грунтов. 1990. – 98 с.
3. Гогиш Л.В., Степанов Г.Ю. Отрывные и кавитационные течения. – М.: Наука, 1990. – 382с.
4. Левковский Ю.Л. Структура кавитационных течений. – Л.: Судостроение, 1978. – 220 с.
5. Гидравлика, гидромашины и гидропроводы. – М.: Машиностроение, 1982. – 422 с.
6. Башта Т.М. Машиностроительная гидравлика. – М.: Машиностроение, 1978. – 672 с.
7. Седов Л.И. Плоские задачи гидромеханики и аэродинамики. – М.: Наука, 1966. – 448 с.
8. Пугачев В.С. Основы автоматического управления. – М.: Наука, 1967. – 719 с.
9. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике. – М.: Наука, 1974. – 831 с.

10. Волков Е.А. Численные методы. – М.: Наука, 1987. – 248с.
11. Новоселов С.Н. Специальный курс тригонометрии. – М.: Наука, 1957. – 492с.

Анотація

ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ЗНАЧЕНЬ ПАРАМЕТРІВ РОБОТИ АГРЕГАТУ ПО ВНЕСЕННЮ ОРГАНІЧНИХ ДОБРІВ МЕТОДОМ РОЗКИДАННЯ

Мельник В.І., Романашенко О.А.

У статті розкриваються питання процесу деформації, яка відбувається у купі органічних добрив при формуванні з неї валку.

Abstract

METHOD OF OPTIMAL PARAMETERS OF WORK BY IN ORGANIC FERTILIZERS BY PUSHING METHOD

V. Melnik, A. Romanashenko

In article got theme about deformation process, who processed in burt of organic fertilizers.

УДК 624.04+539.3

ОСОБЕННОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ НЕЛИНЕЙНЫХ ВОЛН ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ РАБОЧИХ ОРГАНОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН С ОБРАБАТЫВАЕМЫМИ НЕУПРУГИМИ СПЛОШНЫМИ СРЕДАМИ

Ловейкин В.С., д.т.н., проф., Човнюк Ю.В., к.т.н., доц., Тисленко А.Б., асп.

Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины

Исследована пространственно-временная эволюция волновых пучков в (резонансных) анизотропных нелинейно-непружких средах, которые возникают при взаимодействии рабочих органов строительных машин с обрабатываемой средой на основе анализа топологии поверхностей волновых нормалей, которые отвечают возможным типам нормальных волн в таких средах (строительные/бетонные смеси). Получено линейное дифференциальное уравнение n -го порядка каторое описывает эволюцию медленно переменной комплексной амплитуды произвольной моды с точностью $(\lambda/a)^n$, где λ - длина волны излучения, a - характерный поперечный размер пучка. При описании эффектов самовлияния в таких средах для комплексной амплитуды получено нелинейное уравнение типа уравнения Хироти, которое является комбинацией уравнения Шредингера и комплексного модифицированного уравнения Корвета-де Вриза.

Постановка проблемы. Во всех реальных материалах при воздействии на них рабочих органов строительных машин с обрабатываемыми (неупругими сплошными) средами, протекают волновые процессы, причем расчет характеристик параметров этих волн составляет зачастую основу динамического расчета соответствующей конструкции строительной машины, выполненной из того или иного материала (в соответствии с эффектом Зоммерфельда существует обратное воздействие обрабатываемой среды на рабочий орган (строительной) машины). В настоящий момент методы динамического расчета конструкций строительных машин (в частности, их рабочих органов) и обрабатываемых сред, находящихся в упругой стадии, хорошо разработаны и по ним имеется обширная научно-техническая и справочная литература. Значительно меньшее число исследований посвящено проблемам динамики/статики систем, работающих за пределами упругих состояний [1-11].

Вопросы распространения неупругих волн деформаций рассматриваются главным образом для одномерных задач [5], реже – для двух- и трехмерной постановки [6].

Хорошо известно, что учет пластических свойств обрабатываемых сред (строительных/бетонных смесей, материалов) имеет весьма существенное значение при динамических расчетах (как самих указанных сред, так и обрабатывающих их рабочих органов строительных машин), поскольку пластические деформации поглощают значительную часть энергии сообщаемого материалу/среде ударного воздействия. Это соображение определяет актуальность и значимость для практики проблемы учета действительных свойств обрабатываемых сред, материала самой конструкции рабочего органа строительной машины при наличии динамических нагрузок, в частности, проблемы определения закономерностей распределения волн деформаций в массивных рабочих органах машин, находящихся в однородном напряженно-деформированном состоянии (как, впрочем, и самих обрабатываемых (неупругих) сплошных сред, моделируемых непрерывным континуумом).

Глубоких и всесторонних исследований главным образом особенностей распространения трехмерных (двух- и одномерных) волн в сплошных средах, обрабатываемых рабочими органами машин, применяемых в строительстве (в производстве строительных материалов, в строительных (современных) технологиях), на взгляд авторов настоящей работы, проведено еще недостаточно. По-видимому, главной причиной такого положения дел является сложность проведения подобных исследований (в частности, получение адекватных физико-механических моделей взаимодействующих рабочих органов строительных машин и обрабатываемых ими сплошных (неупругих) сред). Кроме того, желателен и практически востребован, в особенности, в „инженерно-конструкторской среде”, анализ уравнений динамики неупругих сред/тел в наиболее общей постановке, когда физические соотношения, характеризующие их, имеют форму произвольных перекрестных зависимостей между первыми инвариантами тензоров и вторыми инвариантами

девиаторов напряжений и деформаций [2]. Эти зависимости носят весьма общий характер, что позволяет использовать полученные в [6] результаты для широкого класса сплошных неупругих сред, обладающих первоначальной изотропией. Эти результаты желательно также распространить на некоторые частные виды реальных сред (металлы, грунты, бетон) путем конкретизации формы перекрестных зависимостей, на задачи динамики, волнообразований (и их пространственно-временной эволюции) в затвердевающих средах, вопросы статики которых изучены в [6-11].

Анализ последних исследований и публикаций. Вопросы распространения неупругих волн деформаций рассматривались ранее главным образом для одномерных задач – в трудах Х.А. Рахматулина и его школы (например в работе [5]). Некоторые вопросы распространения, закономерности, особенности пространственно-временной эволюции волнообразований в неупругих средах (в двух- и трехмерной постановке) изучены в [1-6], а статические задачи для затвердевающих сред были предметом исследований авторов [6-11]. Однако, следует заметить, цитируемые работы (по видимому, ввиду сложности, нелинейных свойств моделируемых сред) посвящены, в основном, анализу скоростей распространения волн, поддерживаемых обрабатываемыми средами, либо анализу сил, напряжений, деформаций, возникающих в затвердевающих средах (для частных случаев, геометрии тел) при рассмотрении одномерных, плоских и пространственных задач статики, при оценке несущей способности систем (в т.ч. рабочих органов строительных машин) из хрупких материалов.

Выделение нерешенных ранее частей общей проблемы, которым посвящена данная статья. Анализ условий возникновения (зарождения) волнообразований, пространственно-временной эволюции нелинейных волн/волновых пучков, их устойчивости, трансформации в нелинейные периодические волны стационарного профиля (т.н. кноидальные) либо в уединенные (солитоны), характерных для неупругих сплошных сред, имеющих как правило, нелинейные физические/геометрические свойства, обладающих дисперсией (и диссипацией), процессов самовоздействия интенсивных волновых пучков не был проведен.

Цель настоящей статьи состоит в установлении основных особенностей/закономерностей возникновения, пространственно-временной эволюции нелинейных волнообразований (нелинейных волн, нелинейных волновых пучков), возникающих при взаимодействии рабочих органов строительных машин с обрабатываемыми неупругими сплошными средами, трансформации указанных волн в волны стационарного профиля (в приближении волнового пучка), в создании адекватной физико-механической модели/уравнений рассматриваемых процессов, которая бы учитывала физическую и геометрическую нелинейности среды, дисперсию (и диссипацию) методами, развитыми в работах [12, 13].

Изложение основных результатов исследования:

1. Общие уравнения динамики неупругих сред.

Будем рассматривать класс сплошных сред, физические соотношения

которых имеют вид [6]:

$$T = T(\Gamma, \theta); \quad \sigma = \sigma(\Gamma, \theta), \quad (1)$$

где: T – интенсивность касательных напряжений;
 σ – среднее напряжение;
 Γ – интенсивность деформаций сдвига;
 θ – объемная деформация.

Величины T и Γ являются соответственно вторыми инвариантами девиаторов напряжений и деформаций. Величины σ и θ – соответственно первыми инвариантами тензоров напряжений и деформаций. Соотношения (1) описывают, таким образом, перекрестные зависимости между инвариантами напряженного и деформированного состояния среды.

Будем также исходить из соотношений деформационной теории [11]:

$$\begin{cases} \sigma_i = \sigma(\Gamma, \theta) + 2 \frac{T(\Gamma, \theta)}{\Gamma} e_{ii}; \\ \tau_{ij} = 2 \frac{T(\Gamma, \theta)}{\Gamma} e_{ij}; \end{cases} \quad (i, j) = \overline{(1,3)}, \quad (2)$$

где: $e_{ii} = \frac{\partial u_i}{\partial x_i} - \frac{\theta}{3}$; $e_{ij} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right)$; - компоненты девиатора деформаций;

u_j – компоненты вектора перемещений, а остальные обозначения общепринятые.

Динамические уравнения равновесия имеют вид:

$$\frac{\partial \sigma_i}{\partial x_i} + \sum_{j=1}^3 \frac{\partial \tau_{ij}}{\partial x_j} + X_i = \rho \frac{\partial^2 u_i}{\partial t^2} \quad i \neq j, \quad (3)$$

где: X – i -тая компонента массовой силы, ρ – плотность обрабатываемой среды.

Используя (2), из (3) получаем систему трех дифференциальных уравнений:

$$\begin{aligned} & \left(\frac{\partial \sigma}{\partial \theta} + \frac{T}{3\Gamma} \right) \frac{\partial \theta}{\partial x_i} + \frac{2}{\Gamma} \sum_{j=1}^3 e_{ij} \left[\frac{\partial T}{\partial \theta} \frac{\partial \theta}{\partial x_j} + \left(\frac{\partial T}{\partial \Gamma} - \frac{T}{\Gamma} \right) \frac{\partial \Gamma}{\partial x_j} \right] + \\ & + \frac{\partial \sigma}{\partial \Gamma} \frac{\partial \Gamma}{\partial x_i} + \frac{T}{\Gamma} \nabla^2 u_i + X_i = \rho \frac{\partial^2 u_i}{\partial t^2} \quad i = \overline{(1,3)}. \end{aligned} \quad (4)$$

Выражения для производных от величины Γ по координатам имеют вид:

$$\frac{\partial \Gamma}{\partial x_j} = \frac{2}{\Gamma} \sum_{k=1}^3 \sum_{m=1}^3 e_{km} \frac{\partial^2 u_k}{\partial x_j \partial x_m}. \quad (5)$$

Очевидно, что:

$$\frac{\partial \theta}{\partial x_i} = \sum_{j=1}^3 \frac{\partial^2 u_j}{\partial x_j \partial x_i}; \quad \nabla^2 u_i = \sum_{j=1}^3 \frac{\partial^2 u_i}{\partial x_j^2}. \quad (6)$$

Подставляя выражения (5) и (6) в (4), получим:

$$\begin{aligned} & \sum_{j=1}^3 \left\{ \left(\frac{\partial \sigma}{\partial \theta} + \frac{T}{3\Gamma} \right) \frac{\partial^2 u_i}{\partial x_j \partial x_i} + \frac{2}{\Gamma} e_{ij} \left[\frac{\partial \Gamma}{\partial \theta} \sum_{k=1}^3 \frac{\partial^2 u_k}{\partial x_j \partial x_k} + \frac{2}{\Gamma} \left(\frac{\partial \Gamma}{\partial \Gamma} - \right. \right. \right. \\ & \left. \left. \left. - \frac{T}{\Gamma} \right) \sum_{k=1}^3 \sum_{m=1}^3 e_{km} \frac{\partial^2 u_k}{\partial x_m \partial x_j} \right] + \frac{2}{\Gamma} \frac{\partial \sigma}{\partial \Gamma} \sum_{m=1}^3 e_{jm} \frac{\partial^2 u_j}{\partial x_m \partial x_i} + \frac{T}{\Gamma} \frac{\partial^2 u_i}{\partial x_j^2} \right\} + \\ & + X_i = \rho \frac{\partial^2 u_i}{\partial t^2}, \quad i = \overline{(1, 3)}. \end{aligned} \quad (7)$$

Имеем систему трех квазинелинейных дифференциальных уравнений второго порядка относительно функций u_i . Уравнения (7) являются общими уравнениями динамики сплошных сред при перекрестных зависимостях между инвариантами тензоров напряжений и деформаций.

Скорости распространения трехмерных волн - нестационарных поверхностей сильных разрывов вторых производных перемещений, являются, вообще говоря, поверхностями слабых разрывов деформаций и напряжений, можно определить, исходя из кинематических и динамических условий совместности [6]. При этом на поверхности разрыва, уравнение которой $\omega = (\tilde{\alpha}_1, \tilde{\alpha}_2, \tilde{\alpha}_3, t) = 0$, компоненты девиатора деформаций, а также величины Γ и θ (связанные с первыми производными перемещений) – непрерывны. В дальнейшем также будем полагать, что система координат $(\tilde{\alpha}_1, \tilde{\alpha}_2, \tilde{\alpha}_3)$ совпадает с направлениями главных осей деформаций (напряжений) в рассматриваемой точке среды. В этом случае $e_{ij} = 0$.

Значения квадратов скоростей N - распространения волны по нормали к фронту определяются соотношением:

$$N^2 = \frac{\left(\frac{\partial \omega}{\partial t} \right)^2}{\sum_{j=1}^3 \left(\frac{\partial \omega}{\partial x_j} \right)^2}; \quad (8)$$

Направляющие косинусы l_i вектора нормали к фронту в локальной системе координат, совпадают с главными осями, -

$$l_i^2 = \frac{\left(\frac{\partial \omega}{\partial x_i} \right)^2}{\sum_{j=1}^3 \left(\frac{\partial \omega}{\partial x_j} \right)^2}. \quad (9)$$

Значения N могут быть найдены из условия равенства нулю определителя:

$$\begin{vmatrix} b_{11}; & b_{12}; & b_{13}; \\ b_{21}; & b_{22}; & b_{23}; \\ b_{31}; & b_{32}; & b_{33}; \end{vmatrix} = 0, \quad (10)$$

где:

$$\begin{aligned} b_{11} &= a_{11}l_1^2 + \frac{T}{\Gamma}(l_2^2 + l_3^2) - \rho N^2; & b_{12} &= a_{12}l_1l_2; & b_{13} &= a_{13}l_1l_3; \\ b_{21} &= a_{21}l_2l_1; & b_{22} &= a_{22}l_2^2 + \frac{T}{\Gamma}(l_3^2 + l_1^2) - \rho N^2; & b_{23} &= a_{23}l_2l_3; \\ b_{31} &= a_{31}l_3l_1; & b_{32} &= a_{32}l_3l_2; & b_{33} &= a_{33}l_3^2 + \frac{T}{\Gamma}(l_1^2 + l_2^2) - \rho N^2; \end{aligned} \quad (11)$$

$$a_{ij} = \left(\frac{\partial \sigma}{\partial \theta} + \frac{T}{3\Gamma} + \frac{2}{\Gamma} e_{ii} \frac{\partial \Gamma}{\partial \theta} \right) + \frac{2}{\Gamma} e_{jj} \left[\frac{2}{\Gamma} e_{ii} \left(\frac{\partial \Gamma}{\partial \Gamma} - \frac{T}{\Gamma} \right) + \frac{\partial \sigma}{\partial \Gamma} \right];$$

$$a_{ii} = \left(\frac{\partial \sigma}{\partial \theta} + \frac{4T}{3\Gamma} + \frac{2}{\Gamma} e_{ii} \frac{\partial \Gamma}{\partial \theta} \right) + \frac{2}{\Gamma} e_{ii} \left[\frac{2}{\Gamma} e_{ii} \left(\frac{\partial \Gamma}{\partial \Gamma} - \frac{T}{\Gamma} \right) + \frac{\partial \sigma}{\partial \Gamma} \right].$$

На основании (11) можно заключить, что, вообще говоря, $a_{ij} \neq a_{ji}$. Здесь, и в дальнейшем, полагаем $l_i = \frac{k_i}{|\vec{k}|}$, где $\vec{k} = (k_1, k_2, k_3)$ - волновой вектор, $i = \overline{(1, 3)}$. В общем случае (при $l_1 \neq 0, l_2 \neq 0, l_3 \neq 0$) кубическое относительно N^2 уравнение (10) определяет три независимые скорости распространения волн.

Исследования, проведенные в [6], относительно характера разрывов показывают, что в отличие от идеально-упругой среды, чисто продольные и чисто поперечные волны имеют место только при совпадении нормали к фронту волны с одним из главных направлений.

Так, при $l_i = 1 (l_j = l_k = 0)$ имеем:

$$(a_{ii} - \rho N^2) \left(\frac{T}{\Gamma} - \rho N^2 \right)^2 = 0, \quad (12)$$

откуда:

$$N_1 = \sqrt{\frac{a_{ii}}{\rho}}; \quad N_2 = N_3 = \sqrt{\frac{T}{\rho\Gamma}}, \quad (13)$$

где: N_1 - скорость распространения продольных волн;
 $N_{2,3}$ - то же, поперечных волн.

В случае деформации значения N определяются на основании (10), (11) из выражения:

$$\begin{aligned} 2\rho N^2 &= \left(a_{11} + \frac{T}{\Gamma} \right) \cos^2 \alpha + \left(a_{22} + \frac{T}{\Gamma} \right) \sin^2 \alpha \pm \\ &\pm \left\{ \left[\left(a_{11} - \frac{T}{\Gamma} \right) \cos^2 \alpha - \left(a_{22} - \frac{T}{\Gamma} \right) \sin^2 \alpha \right]^2 + 4a_{12}a_{21} \sin^2 \alpha \cos^2 \alpha \right\}^{\frac{1}{2}}, \end{aligned} \quad (14)$$

где: α – угол между нормалью к фронту и направлением главного нормального напряжения σ_1 , т.е.:

$$\cos \alpha = \frac{(\vec{k}_i \cdot \vec{i}_{\sigma_1})}{|\vec{k}|}. \quad (15)$$

(В (15) \vec{i}_{σ_1} - орт вдоль направления главного нормального напряжения σ_1).

Значения N , соответствующие значениям $\alpha = 0$ и $\alpha = \frac{\pi}{2}$, являются, вообще говоря, экстремальными. Исследование (14), проведенное в [6], показывает, что могут существовать и промежуточные экстремумы $N(\alpha_1)$ и $N(\alpha_2)$, определяемые выражениями:

$$\left\{ \begin{array}{l} \rho N^2(\alpha_1) = \frac{a_{11}a_{22} - (\sqrt{a_{12}a_{21}} + \frac{T}{\Gamma})^2}{(a_{11} + a_{22} - 2\frac{T}{\Gamma}) - 2\sqrt{a_{12}a_{21}}}; \\ \rho N^2(\alpha_2) = \frac{a_{11}a_{22} - (\sqrt{a_{12}a_{21}} - \frac{T}{\Gamma})^2}{(a_{11} + a_{22} - 2\frac{T}{\Gamma}) + 2\sqrt{a_{12}a_{21}}}, \end{array} \right. \quad (16)$$

причем:

$$\left\{ \begin{array}{l} \cos^2 \alpha_1 = \frac{(a_{22} - \frac{T}{\tilde{A}}) - \sqrt{a_{12}a_{21}}}{(a_{11} + a_{22} - 2\frac{T}{\tilde{A}}) - 2\sqrt{a_{12}a_{21}}}; \\ \cos^2 \alpha_2 = \frac{(a_{22} - \frac{T}{\tilde{A}}) + \sqrt{a_{12}a_{21}}}{(a_{11} + a_{22} - 2\frac{T}{\tilde{A}}) + 2\sqrt{a_{12}a_{21}}}. \end{array} \right. \quad (17)$$

2. Закономерности распространения волн в неупругих обрабатываемых рабочим органом строительной машины, средах: металл, грунт, бетон.

2.1. Рассмотрим среду, уравнения состояния которой описываются теорией малых упругопластических деформаций [14], в частности пластичные металлы. Соотношение (1) при этом имеют вид:

$$\begin{aligned} a_{ij} &= a_{ji} = K + \frac{G}{3} + \frac{4}{\Gamma} \frac{\partial G}{\partial \Gamma} e_{ii} e_{jj}; \\ a_{ii} &= K + \frac{4G}{3} + \frac{4}{\Gamma} \frac{\partial G}{\partial \Gamma} e_{ii}^2. \end{aligned} \quad (18)$$

где: $G = G(\tilde{A})$ - секущий модуль диаграммы зависимости T от Γ ;
 $K = \text{const}$ – модуль объемной деформации.

Таким образом:

$$\frac{\partial T}{\partial \Gamma} = G + \frac{\partial G}{\partial \Gamma} \Gamma; \quad \frac{\partial T}{\partial \theta} = 0; \quad \frac{\partial \sigma}{\partial \Gamma} = 0; \quad \frac{\partial \sigma}{\partial \theta} = K, \quad (19)$$

а выражения (11) для коэффициентов a_{ij}, a_{ii} записываются в форме:

$$\begin{cases} a_{ij} = a_{ji} = K + \frac{G}{3} + \frac{4}{\tilde{A}} \frac{\partial G}{\partial \tilde{A}} e_{ii} e_{jj}; \\ a_{ii} = K + \frac{4G}{3} + \frac{4}{\tilde{A}} \frac{\partial G}{\partial \tilde{A}} e_{ii}^2. \end{cases} \quad (20)$$

Исследование результатов (10) и (20), проведенное в [6], показывает, что скорости распространения волн деформаций в рассматриваемой среде существенным образом зависят от: 1) вида напряженного состояния; 2) взаимной ориентации нормали к фронту и главных осей; 3) степени развития и пластической деформации в рассматриваемой точке среды.

Анализ соотношений (14), (20) для трех характерных видов напряженно-деформированного состояния плоской деформации неупругой обрабатываемой среды, подчиняющейся теории малых упругопластических деформаций, следует проводить в соответствии с зависимостями:

- а) равномерной двухосной деформации $\varepsilon_1 = \varepsilon_2, \varepsilon_3 = 0$;
- б) одноосной деформации $\varepsilon_1 \neq 0, \varepsilon_2 = \varepsilon_3 = 0$;
- в) чистого сдвига $\varepsilon_1 = -\varepsilon_2, \varepsilon_3 = 0$.

При этом зависимость между T и Γ следует принимать в форме:

$$T = G_0 \left(1 - \frac{\Gamma}{2\Gamma_s}\right) \Gamma, \quad (21)$$

а

$$G = G(\Gamma) = G_0 \left(1 - \frac{\Gamma}{2\Gamma_s}\right); \quad \frac{dG}{d\Gamma} = -\frac{G_0}{2\Gamma_s}. \quad (22)$$

где: G_0 - начальный модуль сдвига;

\tilde{A}_s - предельное значение интенсивности деформаций сдвига, соответствующее точке диаграммы, где $\frac{dG}{d\tilde{A}} = 0$.

Следует также принимать, что $K = \frac{5}{3} G_0$.

Анализ векторных диаграмм $\left(\frac{\rho N_1^2}{G_0}\right)$ и $\left(\frac{\rho N_2^2}{G_0}\right)$ для случая плоской деформации среды, описываемой теорией малых упругопластических деформаций, проведенный [6] для различных значений отношения \tilde{A}/\tilde{A}_s ($0 \leq \tilde{A}/\tilde{A}_s \leq 1$), показывает, что (за исключением случая равномерной деформации) диаграммы величин N_1 и N_2 в значительной степени отклоняются

от окружностей по мере приближения \tilde{A}/\tilde{A}_s к единице. В случае чистого сдвига при $\tilde{A}/\tilde{A}_s = 1$ значение N_2 в направлении главных касательных напряжений равно нулю, а соответствующее значение $N_1 \Rightarrow \max$. При $\tilde{A}/\tilde{A}_s \rightarrow 0$ независимо от вида напряженно деформированного состояния векторные диаграммы N_1 и N_2 переходят в окружности.

2.2. Для сред, обладающих внутренним трением, в частности для реальных грунтов, может быть использована модель сжимаемой жесткоупругопластической среды [15], соотношения (1) имеют вид:

$$T = G_0 \Gamma - fK\theta; \quad \sigma = K\theta, \quad (23)$$

где: $G_0 = const$ - модуль сдвига при чистом сдвиге ($\sigma = 0$);

$K = const$ - модуль объемной деформации;

$0 < f < 1$ - коэффициент внутреннего трения.

Эта модель позволяет описать основные закономерности деформирования грунтовых сред, в частности, влияние среднего напряжения на вид зависимости между вторыми инвариантами девиаторов напряжений и деформаций, некоторые особенности процесса разгрузки, а также реализует возможность непосредственного перехода от зависимостей напряжения-деформации к условию предельного равновесия.

При $\lambda = -f \frac{\sigma}{T} \geq 1$ (в [15] сжимающие напряжения и деформации укорочения считались положительными), как это следует из (23), деформаций сдвига в среде не возникает. В этом случае касательные напряжения полностью воспринимаются силами внутреннего трения и состояние среды „жесткое”. При $\lambda = -f \frac{\sigma}{T} \leq 1 - \frac{\tau_s}{T}$ состояние среды пластическое, τ_s - предельное касательное напряжение.

Деформационные зависимости (23) справедливы при $1 - \frac{\tau_s}{T} < \lambda = -f \frac{\sigma}{T} < 1$ когда состояние среды „упругое”. Именно для этого случая в работе рассматриваются вопросы распространения нелинейных волн деформаций в неупругой обрабатываемой среде.

На основании (23) имеем:

$$\frac{\partial T}{\partial \Gamma} = G_0; \quad \frac{\partial T}{\partial \theta} = -fK; \quad \frac{\partial \sigma}{\partial \Gamma} = 0; \quad \frac{\partial \sigma}{\partial \theta} = K, \quad (24)$$

и выражения (11) для коэффициентов a_{ij} и a_{ii} записываются в форме:

$$\begin{cases} a_{ij} = K + \frac{G}{3} - \frac{2}{\tilde{A}} fK \left(1 - \frac{2\theta}{\tilde{A}^2} e_{ij}\right) e_{ij}; \\ a_{ii} = K + \frac{4G}{3} - \frac{2}{\tilde{A}} fK \left(1 - \frac{2\theta}{\tilde{A}^2} e_{ii}\right) e_{ii}, \end{cases} \quad (25)$$

где: $G = \frac{T}{\tilde{A}} = G_0 - fK \frac{\theta}{\tilde{A}}$.

Очевидно, что для данной среды в отличие от (20), $a_{ij} \neq a_{ji}$. Исследование результатов (10), (11) и (25) показывает [6], что скорости распространения волн деформаций в рассматриваемой среде существенным образом зависят от: 1) вида напряженного состояния; 2) взаимной ориентации нормали к фронту и главных осей в рассматриваемой точке среды. Анализ векторных диаграмм ($\frac{\rho N_1^2}{G_0}$ и $\frac{\rho N_2^2}{G_0}$)-приведенных скоростей распространения волн), построенных по соотношениям (7) и (25), следует проводить для четырех характерных видов напряженно-деформированных состояний плоской деформации жесткоупругопластической среды:

- а) равномерного двухстороннего укорочения $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 < 0, \varepsilon_3 = 0$;
- б) одноосного укорочения $\varepsilon_1 < 0, \varepsilon_2 = \varepsilon_3 = 0$;
- в) чистого сдвига $\varepsilon_1 = -\varepsilon_2, \varepsilon_3 = 0$;
- г) одноосного удлинения $\varepsilon_1 = \varepsilon_3 = 0, \varepsilon_2 > 0$.

Следует принять $K = \frac{2}{\sqrt{3}} G_0$ и $f = 0,5$.

За исключением случая равномерной деформации диаграммы величин N_1 и N_2 в значительной степени отклоняются от окружностей [6]. Значение N_1 в направлении деформаций укорочения при прочих равных условиях больше, чем в направлении деформаций удлинения. При чистом сдвиге векторная диаграмма N_1 является эллипсом, диаграмма N_2 - практически не отличается от окружности.

2.3. Рассмотрим среду, уравнения состояния которой описываются деформационной теорией пластичности бетона [16].

Соотношения (1) при этом имеют вид (в [16] сжимающие напряжения и деформации укорочения считались положительными):

$$T = G_0 \left(1 - \frac{\Gamma}{2\Gamma_s}\right) \Gamma; \quad \sigma = K_0 \left(1 - \frac{\Gamma}{2\Gamma_s}\right) (\theta - g_0 \Gamma^2), \quad (26)$$

где: $G_0 = const$ и $K_0 = const$ - соответственно начальные модули сдвига и объемной деформации;

g_0 - модуль дилатации;

$\Gamma_s = \Gamma_s(\lambda) = \Gamma_s(0) \cdot \tilde{k}(\lambda)$ - предельная интенсивность деформаций сдвига;

$$\tilde{k} = \tilde{k}(\lambda) = \frac{\lambda}{2} + \sqrt{\frac{\lambda^2}{4} + 1}; \quad \lambda = -f \frac{\sigma}{T};$$

$\tilde{A}_s(0)$ - значение \tilde{A}_s при чистом сдвиге;

f - коэффициент внутреннего трения бетона, определяемый по значениям пределов прочности бетона при одностороннем сжатии R_c ,

одностороннем растяжении R_p и чистом сдвиге T_c формулой:

$$f = \frac{3T_c(R_c - R_p)}{R_c R_p}.$$

Предложенная модель позволяет описать основные закономерности деформирования бетона, в частности, влияние среднего напряжения на вид зависимостей между вторыми инвариантами девиаторов напряжений и деформаций, зависимость \tilde{A}_s от вида напряженного состояния, явление дилатации, а также реализует возможность непосредственного перехода от зависимостей напряжения – деформации к условию прочности бетона. На основании (26) имеем:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial T}{\partial \tilde{A}} = G_0 \left[1 - \frac{(1+3\tilde{k}^2)\theta - (3+\tilde{k}^2)g_0\tilde{A}^2}{2(1+\tilde{k}^2)(\theta - g_0\tilde{A}^2)} \frac{\tilde{A}}{\tilde{A}_s} \right]; \\ \frac{\partial T}{\partial \theta} = -fK_0 \frac{\tilde{k}}{2(1+\tilde{k}^2)} \frac{\tilde{A}}{\tilde{A}_s}; \\ \frac{\partial \theta}{\partial \tilde{A}} = -K_0 \left[2g_0 \left(1 - \frac{\tilde{A}}{2\tilde{A}_s} \right) \tilde{A} + \frac{(\theta\tilde{k}^2 - g_0\tilde{A}^2)}{(1+\tilde{k}^2)} \frac{1}{\tilde{A}_s} \right]; \\ \frac{\partial \sigma}{\partial \theta} = K_0 \left[1 - \frac{1}{(1+\tilde{k}^2)} \frac{\tilde{A}}{\tilde{A}_s} \right]. \end{array} \right. \quad (27)$$

Для данной модели среды, как и для жесткоупругопластической среды, $a_{ij} \neq a_{ji}$. Исследование результатов (10) и (11) для бетона показывает, что скорости распространения волн деформаций в последнем существенно зависят от [6]:

- 1) вида напряженного состояния;
- 2) взаимной ориентации нормали к фронту и главных осей;
- 3) степени развития пластических деформаций в рассматриваемой точке среды.

Анализ векторных диаграмм $\left(\frac{\rho N_1^2}{G_0} \right)$ и $\left(\frac{\rho N_2^2}{G_0} \right)$ для случая плоской деформации бетона (для вариантов одноосного укорочения и чистого сдвига), проведенный в [6], показывает, что диаграммы величин N_1 и N_2 в значительной степени отклоняются от окружностей. При $\tilde{A}/\tilde{A}_s \rightarrow 1$ скорости распространения волн, вообще говоря, уменьшаются.

При одноосном сжатии скорости волн N_1 имеют максимум, расположенный вблизи биссектрисы угла между главными осями; скорости же волн N_2 достигают максимальных значений в направлениях главных осей, где они являются, вообще говоря, волнами сдвига.

2.4. Затвердевающие среды составляют самостоятельный класс сплошных сред и характеризуются рядом специфических свойств, являясь в определенном смысле аналогом пластических сред [6-10].

При описании физических свойств затвердевающих сред, как правило, исходят из положений деформационной теории пластичности. В связи с этим помимо инвариантов напряженного состояния среды: интенсивности касательных напряжений T –

$$T^2 = \frac{1}{6}[(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2 + 6(\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{zx}^2)]; \quad (28)$$

и среднего значения σ –

$$\sigma = \frac{1}{3}(\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z), \quad (29)$$

где: $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$ – главные напряжения в среде, вводят в рассмотрение инварианты деформированного состояния: объемную деформацию θ и интенсивность деформаций сдвига Γ :

$$\theta = \varepsilon_x + \varepsilon_y + \varepsilon_z; \quad (30)$$

$$\Gamma = \sqrt{\frac{2}{3}\{(\varepsilon_x - \varepsilon_y)^2 + (\varepsilon_y - \varepsilon_z)^2 + (\varepsilon_z - \varepsilon_x)^2 + \frac{3}{2}(\gamma_{xy}^2 + \gamma_{yz}^2 + \gamma_{zx}^2)\}^{\frac{1}{2}}}, \quad (31)$$

где: $\varepsilon_x = \frac{\partial u_x}{\partial x}$; $\varepsilon_y = \frac{\partial u_y}{\partial y}$; $\varepsilon_z = \frac{\partial u_z}{\partial z}$; $\gamma_{xy} = \frac{\partial u_x}{\partial y} + \frac{\partial u_y}{\partial x}$; $\gamma_{yz} = \frac{\partial u_y}{\partial z} + \frac{\partial u_z}{\partial y}$; $\gamma_{zx} = \frac{\partial u_z}{\partial x} + \frac{\partial u_x}{\partial z}$
– соответственно линейные деформации и деформации сдвига;
 u_x, u_y, u_z – перемещения.

В дальнейшем будем рассматривать идеальные затвердевающие среды, для которых объемная деформация $\theta=0$.

Одной из главных физических констант затвердевающей среды является предельная интенсивность деформаций сдвига Γ_0 . Следует полагать, что затвердевающие среды обладают конечной прочностью, характеризующейся предельным значением интенсивности касательных напряжений $T=\Gamma_0$.

Пластически-затвердевающая среда в начальной стадии деформирования способна воспринимать лишь гидростатическое давление, и приобретает способность воспринимать T лишь после достижения величиной Γ значения Γ_0 . По видам зависимости между интенсивностью касательных напряжений и интенсивностью деформаций сдвига идеальные затвердевающие среды в данной работе относим к идеальным пластически-затвердевающим средам (аналог идеальной жесткопластической среды).

Для получения искоемых скоростей полагаем, что в идеальной жесткопластической среде $\sigma = \chi \tau_s$ (где χ – приведенное среднее напряжение), а соотношения (2) представим в форме:

$$\sigma_i = \chi \tau_s + 2 \frac{\tau_s}{\Gamma} l_{ii}; \quad \tau_{ij} = 2 \frac{\tau_s}{\Gamma} l_{ij}. \quad (32)$$

Подставляя (32) в динамические уравнения равновесия (3), получаем:

$$\frac{\partial}{\partial x_i}(\chi + 2 \frac{l_{ii}}{\Gamma}) + \sum_{j=1}^3 \frac{d}{dx_i}(\frac{2l_{ij}}{\Gamma}) + q_i = \frac{1}{k^*} \frac{\partial^2 u_i}{\partial t^2};$$

$$(i, j) = \overline{(1, 3)}; \quad i \neq j; \quad q_i = \frac{X_i}{\tau_s}; \quad k^* = \frac{\tau_s}{\rho}.$$
(33)

Условие несжимаемости имеет вид:

$$\theta = \frac{\partial u_1}{\partial x_1} + \frac{\partial u_2}{\partial x_2} + \frac{\partial u_3}{\partial x_3} = 0.$$
(34)

Таким образом, в рассматриваемом случае $e_{ii} = \varepsilon_i$ и уравнения (33) можно представить в форме:

$$\frac{\partial \chi}{\partial x_i} + 2 \frac{\partial}{\partial x_i}[\frac{1}{\Gamma}(\frac{\partial u_i}{\partial x_i})] + \sum_{j=1}^3 \frac{\partial}{\partial x_j}[\frac{1}{\Gamma}(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i})] + q_i = \frac{1}{k^*} \frac{\partial^2 u_i}{\partial t^2};$$

$$(i, j) = (1, 3); \quad i \neq j;$$
(35)

Уравнения (35) являются квазилинейными уравнениями второго порядка относительно функций u_i . Указанные уравнения можно представить [6] в форме:

$$\frac{\partial \chi}{\partial x_i} + \frac{\nabla^2 u_i}{\Gamma} + \frac{1}{\Gamma} \sum_{j=1}^3 (1 - \psi_i \psi_j) \frac{\partial^2 u_j}{\partial x_i \partial x_j} + q_i = \frac{1}{k^*} \frac{\partial^2 u_i}{\partial t^2}; \quad i = (1, 3),$$
(36)

где: $\psi_i = \frac{2\varepsilon_i}{\Gamma}$ - приведенные значения главных деформаций.

Величины ψ_i связаны между собой следующими очевидными соотношениями:

$$\begin{cases} \psi_1 + \psi_2 + \psi_3 = 0; \\ (\psi_1 - \psi_2)^2 + (\psi_2 - \psi_3)^2 + (\psi_3 - \psi_1)^2 = 6. \end{cases}$$
(37)

В [6] определены скорости распространения трехмерных волн – поверхностей слабых разрывов деформаций и напряжений (первых производных u_i и функции χ). Очевидно, что данные волны представляют собой также поверхности сильных разрывов вторых производных u_i (т.н. волны формоизменения в жесткопластической среде).

Введем обозначения: $n^2 = \frac{\Gamma}{k^*} N^2 = \frac{\rho \Gamma}{\tau_s} N^2$.

Возможные значения n^2 можно получить, решив уравнение:

$$\begin{vmatrix} c_{11}; & c_{12}; & c_{13}; \\ c_{21}; & c_{22}; & c_{23}; \\ c_{31}; & c_{32}; & c_{33}; \end{vmatrix} = 0, \quad (38)$$

где:

$$c_{11} = \frac{\Gamma}{g^2} l_1; \quad c_{12} = [1 - \psi_1(\psi_1 - \psi_2)l_1^2 - \frac{\Gamma}{k^*} N^2] l_2; \quad c_{13} = \psi_1(\psi_2 - \psi_3)l_1 l_2 l_3;$$

$$c_{21} = -\frac{\Gamma}{g^2} l_2; \quad c_{22} = [1 - \psi_2(\psi_2 - \psi_1)l_2^2 - \frac{\Gamma}{k^*} N^2] l_1; \quad c_{23} = [1 - \psi_2(\psi_2 - \psi_3)l_2^2 - \frac{\Gamma}{k^*} N^2] l_3;$$

$$c_{31} = \frac{\Gamma}{g^2} l_3; \quad c_{32} = \psi_3(\psi_2 - \psi_1)l_1 l_2 l_3; \quad c_{33} = [1 - \psi_3(\psi_3 - \psi_2)l_3^2 - \frac{\Gamma}{k^*} N^2] l_2;$$

$g = \sqrt{\omega_1^2 + \omega_2^2 + \omega_3^2}$; $\omega_i, \omega_j, \omega_k$ - частные производные по соответствующим координатам уравнения поверхности разрывов

$l_i = \frac{\omega_i}{g}$ - направляющие косинусы нормали к поверхности разрывов;

N - скорость распространения волны по нормали.

Раскрывая определитель системы (38), получим для $n^2 = \frac{\Gamma}{k^*} N^2$ следующие выражения:

$$1) \quad n^2 = 1; \quad (39)$$

$$2) \quad n^2 = 1 - [(\psi_1 - \psi_2)l_1^2 l_2^2 + (\psi_2 - \psi_3)l_2^2 l_3^2 + (\psi_3 - \psi_1)l_3^2 l_1^2]. \quad (40)$$

Скорости распространения волн в обрабатываемой жесткопластической среде описываются выражениями:

$$N = n \sqrt{\frac{\tau_s}{\rho \Gamma}}. \quad (41)$$

В 1-м случае ($n^2 = 1$) векторная диаграмма скоростей распространения волн деформаций представляет собой сферу радиусом $\sqrt{\tau_s / (\rho \Gamma)}$.

Отношение τ_s / \tilde{A} является секущим модулем сдвига диаграммы $T = \tau_s = const$ для рассматриваемой точки среды, определяемым интенсивностью деформаций сдвига в последней. Очевидно, что при заданном значении τ_s увеличение Γ ведет к уменьшению скоростей распространения волн.

Во 2-м случае форма векторной диаграммы скоростей распространения волн зависит от вида напряженного состояния в рассматриваемой точке. Максимальное значение скорости волн имеют в направлении главных осей ($l_i = 1; l_j = l_k = 0$).

В этих направлениях векторная диаграмма N случая 2 касается сферической диаграммы случая 1. В соответствии с (37) величины ψ_i можно представить как функции одного параметра φ известными соотношениями:

$$\psi_1 = \frac{2}{\sqrt{3}} \cos(\varphi - \frac{\pi}{3}); \quad \psi_2 = \frac{2}{\sqrt{3}} \cos(\varphi + \frac{\pi}{3}); \quad \psi_3 = -\frac{2}{\sqrt{3}} \cos(\varphi). \quad (42)$$

При этом зависимость (40) запишется в виде:

$$n^2 = 1 - 4[l_1^2 l_2^2 \sin^2 \varphi + l_2^2 l_3^2 \sin^2(\varphi - \frac{\pi}{3}) + l_3^2 l_1^2 \sin^2(\varphi + \frac{\pi}{3})]. \quad (43)$$

(В дальнейшем изложении будем полагать, как прежде, $l_i = \frac{k_i}{|\vec{k}|}$).

3. Дифференциальное уравнение для амплитуды огибающей волн, распространяющихся в обрабатываемой среде. Приближение волновых пучков.

Используя подходы, развитые в [12, 13], установим дифференциальное уравнение для амплитуды огибающей волнообразований (приближение волновых пучков), распространяющихся в обрабатываемой среде. (Модели последней рассмотрены в предыдущем пункте).

Важнейшей характеристикой обрабатываемой линейной среды является ее закон дисперсии $F(\vec{k}, \Omega)$, где Ω - частота, \vec{k} - волновой вектор волн, поддерживаемых этой средой. Указанный закон определяет число и характер нормальных волн. При разработке и обосновании различных приближенных методов решения физических (физико-механических) задач часто полезным оказывается исследование топологических свойств функции $F(\vec{k}, \Omega)$. С точки зрения задач волнообразования и их последующего распространения в виде стационарных волновых пучков ($\Omega = const$) закон дисперсии $F(\vec{k}, \Omega)$ устанавливает связь между четырьмя величинами: тремя компонентами волнового вектора \vec{k} , и собственно частотой Ω . Корни дисперсионного уравнения относительно Ω представим в явном виде:

$$\Omega^{(l)} = \Omega^{(l)}(k_x, k_y, k_z), \quad l = \overline{(1, \tilde{N})}, \quad (44)$$

где индекс l нумерует типы нормальных волн в среде (всего их \tilde{N}), а ось \tilde{M} , вдоль которой распространяется волна, выбирается в соответствии с геометрией задачи. При рассмотрении неравновесных (неупругих) сред соотношения (44), вообще говоря, становятся комплексными. В случае неограниченной (неупругой) среды, если в плоскости $M=0$ заданы амплитуды всех нормальных волн, общее решение задачи может быть представлено через фурье-интеграл:

$$\vec{E} = (\vec{r}, \Omega) = \sum_{l=1}^{+\infty} \int \int \int_{-\infty}^{+\infty} \vec{E}_l(k_x, k_y, k_z) \exp\{i[k_x x + k_y y + k_z z - \Omega^{(l)}(k_x, k_y, k_z)t]\} \times \\ \times dk_x dk_y dk_z, \quad i^2 = -1, \quad (45)$$

$$\vec{E}_l = (k_x, k_y, k_z) = \frac{1}{(2\pi)^3} \int \int \int_{-\infty}^{+\infty} \vec{E}_l(\xi, \eta, \zeta) \exp\{-i[k_x \xi + k_y \eta + k_z \zeta]\} d\xi d\eta d\zeta. \quad (46)$$

Топология любой из $2N$ поверхностей (44) в общем случае может быть очень сложной, однако для волнового пучка, поперечные размеры которого

немного больше длины волны излучения (λ), существенным при интегрировании в (45) оказываются только небольшие участки этих поверхностей, которые мы будем предполагать достаточно гладкими и взаимно не пересекающимися. Кроме того, распространяющуюся в обрабатываемой среде волну считаем квазимонохроматической, $\left(\frac{\Delta\Omega^{(l)}}{\Omega^{(l)}}\right) \ll 1$ где $\Delta\Omega^{(l)}$ – девиация частоты l -ой нормальной волны). Существенные спектральные амплитуды $\vec{E}_l(k_x, k_y, k_z)$ сосредоточены на l -й поверхности в окрестности точки $(\Omega_0^{(l)}, k_0^{(l)})$ с эффективным поперечником $\chi_{nx,y,z}^{(l)}$, удовлетворяющим неравенству:

$$\chi_{nx,y,z}^{(l)} \ll \min\{k_{x0}^{(l)}, k_{y0}^{(l)}, k_{z0}^{(l)}\}, \quad (47)$$

либо

$$\chi_{nx,y,z}^{(l)} \ll |\vec{k}_0^{(l)}| = \sqrt{(k_{x0}^{(l)})^2 + (k_{y0}^{(l)})^2 + (k_{z0}^{(l)})^2}. \quad (48)$$

В случае нефокусированного пучка $\chi_{nx,y,z}^{(l)} \sim \dot{a}_{x,y,z}^{-1}$, $\dot{a}_{x,y,z}$ – его характерные поперечные размеры вдоль соответствующих осей декартовой системы координат.

Предположим, что структура волнового поля при $M=0$ обуславливает возбуждение в неупругой среде только одной нормальной моды. Введем радиус-вектор $\vec{\chi} = \vec{k} - \vec{k}_0$ и запишем $\Delta\Omega = \Omega - \Omega_0$. Тогда общее решение (45) можно представить в виде двух множителей, один из которых в силу неравенства (47) или (48) медленно меняющийся:

$$\vec{E}(\vec{r}, t) = \vec{s}A(\vec{r}, t)e^{i[\vec{k}_0 \cdot \vec{r} - \Omega_0 t]}, \quad |\vec{s}| = 1, \quad (49)$$

$$A(\vec{r}, t) = \int_{-\infty}^{+\infty} \int \int A(\chi_x, \chi_y, \chi_z) \exp\{i[\chi_x x + \chi_y y + \chi_z z - \Delta\Omega t]\} \times d\chi_x d\chi_y d\chi_z, \quad (50)$$

где: $A(\chi_x, \chi_y, \chi_z)$ определяется аналогично (46), индекс l здесь и в дальнейшем опускаем.

Разложим функцию $\Delta\Omega(\chi_x, \chi_y, \chi_z)$ в ряд Тейлора в окрестности точки $\chi_x = \chi_y = \chi_z = 0$:

$$\Delta\Omega(\chi_x, \chi_y, \chi_z) = \sum_{n=1, m+j \leq n}^{M^*} P_{nmj} \chi_x^{n-m-j} \chi_y^m \chi_z^j, \quad (51)$$

где

$$P_{nmj} = \frac{1}{(n-m-j)!m!j!} \left. \frac{\partial^n \Omega}{\partial k_x^{n-m-j} \partial k_y^m \partial k_z^j} \right|_{k_{x0}, k_{y0}, k_{z0}}. \quad (52)$$

Подстановка (51) в подинтегральное выражение (50) при фиксированном M^* и начальном распределении $\dot{A}(\xi, \eta, \zeta)$ решает задачу распределения $\dot{A}(\vec{r}, t)$

во всех точках $M \neq 0$ с требуемой точностью.

В задачах анализа волнообразований и последующего их распространения в неупругих средах вместо интегрального решения (50) удобно иметь приближенное дифференциальное уравнение для амплитуды $\dot{A}(\vec{r}, t)$. Соответственно взятому числу членов разложения (51) интегральное представление (50) позволяет сконструировать уравнение:

$$i \frac{\partial A}{\partial t} + \sum_{n=1, m+j \leq n}^{M^*} (-i)^n (-1) P_{nmj} \frac{\partial^n A}{\partial x^{n-m-j} \partial y^m \partial z^j} = 0, \quad (53)$$

фурье-образом которого в k -пространстве является соотношение (51). Поскольку в x -, y -, z -направлениях обрабатываемая среда предполагается неограниченной, а начальное распределение $\vec{E}(\xi, \eta, \zeta)$ имеет фурье-преобразование (46), граничные условия при $|\delta|, |y|, |z| \rightarrow \infty$ можно считать нулевыми для всех производных по x, y и z . Таким образом, понижение порядка исходной системы дифференциальных уравнений по переменной t до единицы в рамках неравенств (47), (48) и $\left| \frac{\Delta \Omega^{(l)}}{\Omega^{(l)}} \right| \ll 1$ влечет за собой появление в (53)

производных сколь угодно высокого порядка по x, y и z , причем члены, содержащие s -тую производную, являются малыми членами порядка $(\chi_n^{(l)} / |\vec{k}_0^{(l)}|)^s$.

Ограничиваясь в (51) учетом только квадратичных членов разложения, получаем квазипараболическое уравнение:

$$i \frac{\partial A}{\partial t} + P_{200} \frac{\partial^2 A}{\partial (x')^2} + P_{210} \frac{\partial^2 A}{\partial x' \partial y'} + P_{201} \frac{\partial^2 A}{\partial x' \partial z'} + P_{211} \frac{\partial^2 A}{\partial y' \partial z'} + P_{202} \frac{\partial^2 A}{\partial (z')^2} + P_{220} \frac{\partial^2 A}{\partial (y')^2} = 0, \quad (54)$$

где: $\delta' = \delta + D_{100}t, y' = y + D_{010}t, z' = z + D_{001}t$.

Величины $D_{100}, D_{010}, D_{001}$ определяют наклон лучевого вектора к оси \vec{M} , а различие коэффициентов $P_{2ij}, (i, j) = (0, 1, 2), i + j \leq 2$, в (54) обусловлено различной кривизной поверхности $\Omega(k_x, k_y, k_z)$ в ортогональных направлениях. В простейшем случае изотропной неупругой среды ось \vec{M} можно выбрать в качестве направления распространения луча ($k_{x0} = k_{y0} = k_{z0} = 0$). Вычисление коэффициентов (52) показывает, что в уравнении (54) содержатся только члены с четными n и $m = \overline{(0, n)}; j = \overline{(0, n)}$. Причем: $P_{200} = \frac{1}{2} \frac{\partial^2 \Omega}{\partial k_x^2}; P_{210} = \frac{\partial^2 \Omega}{\partial k_x \partial k_y};$

$$P_{201} = \frac{\partial^2 \Omega}{\partial k_x \partial k_z}; P_{211} = \frac{\partial^2 \Omega}{\partial k_y \partial k_z}; P_{202} = \frac{1}{2} \frac{\partial^2 \Omega}{\partial k_z^2}; P_{220} = \frac{1}{2} \frac{\partial^2 \Omega}{\partial k_y^2}; P_{400} = \frac{\partial^4 \Omega}{24 \partial k_x^4}; P_{422} = \frac{\partial^4 \Omega}{4 \partial k_y^2 \partial k_z^2}$$

и т.д.

Для того, чтобы использовать полученные выше значения скоростей N

для различных моделей неупругих сред необходимо их связать с групповой скоростью распространения волн (волнообразований, волновых пучков), как с реальной скоростью, поддерживаемой обрабатываемой средой. (Следует напомнить, что именно с групповой (а не с фазовой!) скоростью в среде переносится энергия).

Так, $P_{100} = -\frac{\partial\Omega}{\partial k_x}$; $P_{010} = -\frac{\partial\Omega}{\partial k_y}$; $P_{001} = -\frac{\partial\Omega}{\partial k_z}$. Поэтому вектор групповой

скорости волны, распространяющейся в обрабатываемой среде, обозначим \vec{V}_g . Последний имеет следующие компоненты:

$$\vec{V}_g = \left(\frac{\partial\Omega}{\partial k_x}; \frac{\partial\Omega}{\partial k_y}; \frac{\partial\Omega}{\partial k_z} \right). \quad (55)$$

Тогда:

$$|\vec{V}_g| = \left\{ \left(\frac{\partial\Omega}{\partial k_x} \right)^2 + \left(\frac{\partial\Omega}{\partial k_y} \right)^2 + \left(\frac{\partial\Omega}{\partial k_z} \right)^2 \right\}^{\frac{1}{2}}. \quad (56)$$

Используя (55), (56), можем записать:

$$N^2 = |\vec{V}_g|^2 = \left(\frac{\partial\Omega}{\partial k_x} \right)^2 + \left(\frac{\partial\Omega}{\partial k_y} \right)^2 + \left(\frac{\partial\Omega}{\partial k_z} \right)^2. \quad (57)$$

4. Особенности эффектов самовоздействия волнообразований в нелинейных неупругих анизотропных средах, обрабатываемыми рабочими органами строительных машин

Рассмотрение интенсивного волнового пучка с узким угловым спектром в неупругой анизотропной среде, обрабатываемой рабочими органами строительных машин (ударное/виброударное воздействие или обработка указанной среды), исследуем, включив в дисперсионное уравнение (44) зависимость от $|A|^2$, где A – амплитуда нелинейной волны [12].

Предполагая пучок одномерным, ограничимся в разложении Ω только линейными по $|A|^2$ членами:

$$\Delta\Omega(k_x, |A|^2) = P_{100}\Delta k_x + P_{200}\Delta k_x^2 + P_{300}\Delta k_x^3 + q_1|A|^2 + q_1\Delta k_x|A|^2 + \dots, \quad (58)$$

где: $q_1 = -\frac{\partial\Omega}{\partial|A|^2}$, $q_2 = -\frac{\partial P_{100}}{\partial|A|^2}$, $\Delta k_x = k_x - k_{x0}$, коэффициенты P_{j00} определены выше.

Соответствующее дифференциальное уравнение имеет вид известного уравнения Хироты [13]:

$$i\left[\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{q_2}{3}(2|A|^2 \frac{\partial A}{\partial x'} + A^2 \frac{\partial A^*}{\partial x'}) - P_{300} \frac{\partial^3 A}{\partial x'^3} \right] + P_{300} \frac{\partial^2 A}{\partial x'^2} - q_1|A|^2 A = 0. \quad (59)$$

Восстановление уравнения (59) по разложению (58) однозначно, за исключением последнего слагаемого, которое дает более сложную

конструкцию в силу того, что $(A^2 A^*)_{\delta} = 2|A|^2 \dot{A}_{\delta} + A^2 \dot{A}_{\delta}^*$. (Здесь символ $()^*$ означает комплексно-сопряженную величину).

Обычно эффекты самовоздействия исследуются в рамках нелинейного уравнения Шредингера ($P_{300} = q_2 = 0$). Его устойчивость по отношению к продольным возмущениям определяется условием $q_1 P_{200} < 0$ [12].

При этом вдали от резонансов P_{200} имеет вполне определенный знак и свойство нелинейной неупругой среды фокусировать или дефокусировать луч определяется исключительно знаком q_1 . В окрестности резонансов ситуация существенно изменяется. Оказывается, что при переходе через резонанс знак q_1 остается постоянным, а из-за изменения знака дисперсии образование солитонов имеет место только с одной стороны от резонанса, например, слева. Проявление самих нелинейных свойств в резонансных нелинейных неупругих средах также специфично. Дело в том, что нормальной волной является суперпозиция мод невзаимодействующих подсистем. Каждая из них характеризуется своими нелинейными свойствами, вклад которой определяется весом данной моды в связанной волне. Будем называть эти нелинейности расстройными, подчеркивая тем самым зависимость невозмущенных частот от амплитуды. Кроме того, имеет место еще и нелинейность взаимодействия, которая характеризуется зависимостью параметра связи от амплитуды. Простейшим параметром проявления этой нелинейности является феномен нелинейного „коллективного” поведения осцилляторов (синергетические эффекты) квазикристаллической решетки, возникающий при прохождении волны через обрабатываемую нелинейную неупругую среду, моделируемую на финальной (завершающей) стадии уплотнения вибрационным полем совокупностью невзаимодействующих осцилляторов. При этом свободное поле описывается линейным волновым уравнением, а осцилляторы моделируются как квазилинейны.

Число различных нелинейностей неупругой среды, таким образом, вообще должно определяться количеством независимых параметров дисперсионного уравнения (44), и поэтому их результирующее действие, по крайней мере качественно, можно исследовать, вводя зависимость этих параметров от амплитуды.

Ввиду громоздкости для характерных нелинейной неупругой среде взаимодействий эти коэффициенты здесь не приведены.

В зависимости от выбранных направления распространения и частоты коэффициенты $q_{1,2}$ могут менять знак. Кроме того, $q_{1,2}$ имеют полюсы на краях области нераспространения. Выбором направления распространения и частоты в пределах полосы существования волн в среде можно добиться одновременного обращения в нуль коэффициентов P_{20} и q_1 .

В этом случае самовоздействие пучка волны в нелинейной неупругой среде будет описываться комплексным модифицированным уравнением Кортевега-де Вриза. В гидродинамике это уравнение для действительной функции также используется в тех случаях, когда коэффициент при

нелинейном члене в уравнении Кортевега-де Вриза по каким-либо причинам обращается в нуль. „Однонаправленность” этого типа уравнений определяет в данном случае кроме асимметрии явление самофокусировки также эффект самоискривления траектории луча или лучей, если начальное условие задачи допускает образование солитонов. В общем же случае (59) есть комбинация нелинейного уравнения Шредингера и комплексного модифицированного уравнения Кортевега-де Вриза, в котором роль каждого члена определяется заданным направлением распространения волн с рабочей частотой, на которой анализируют пространственно-временную эволюцию волнообразований в нелинейной неупругой среде, вызванных эффектами взаимодействия обрабатываемого материала/смеси с рабочим органом строительной машины.

Выводы

1. Исследованы основные закономерности распространения волновых пучков в (резонансных) нелинейных неупругих средах, обрабатываемых вибрационным полем, и возникающих вследствие взаимодействия их с рабочими органами строительных машин, на основе анализа топологии поверхностей волновых нормалей, соответствующих возможным типам нормальных волн в таких средах (строительные/бетонные смеси на заключительной стадии (вибро-, виброударного) формования и уплотнения в рамках модели квазитвердой среды).
2. Получено линейное дифференциальное уравнение n -го порядка, описывающее пространственно-временную эволюцию медленно меняющейся комплексной амплитуды произвольной моды с точностью порядка $(\lambda/a)^n$, где λ – длина волны излучения, a – характерный поперечный размер волнового пучка, в рамках принятой гипотезы и модели узкого волнового пучка, с узким угловым спектром.
3. При описании эффектов самовоздействия в таких средах для комплексной амплитуды получено нелинейное уравнение типа уравнения Хироты, являющееся комбинацией нелинейного уравнения Шредингера и комплексного модифицированного уравнения Кортевега-де Вриза.
4. Полученные результаты и созданные физико-механические модели обрабатываемых рабочими органами строительных машин нелинейных упругих сред (типа строительных/бетонных смесей) в процессах (вибро-), виброударного формирования могут служить основой для коррекции и уточнения существующих методик инженерного расчета динамических характеристик волн (волнообразований), возникающих при подобном взаимодействии, а также параметров прочности важных узлов самих строительных машин.

Список использованных источников

1. Аксентян Г.К. О построении фронта двумерных волн в предварительно-напряженной жесткоупруго пластической среде // Г.К.Аксентян,

- Г.А.Гениев. - Научные труды ЦНИИСК им. Кучеренко. Теории и расчет сооружений. – М., 1970. – Вып. 13.
2. Гениев Г.А. О некоторых закономерностях распространения трехмерных волн деформаций в неупругих средах и средах с внутренним трением // А.Г.Гениев. - Известия АН СССР. Серия: Механика твердого тела. – 1975. - №1.
 3. Гениев Г.А. Некоторые вопросы распространения волн сжатия в грунтах /Г.А. Гениев. – В кн.: Исследования по вопросам теории пластичности и прочности строительных конструкций. – М., 1958.
 4. Юргенс Д.И. Задача о распространении цилиндрических волн в бетоне // Д.И.Юргенс. - Научные труды ЦНИИСК им. Кучеренко.– М., 1971. – Вып. 19.
 5. Рахматуллин Х.А. Прочность при интенсивных кратковременных нагрузках / Х.А.Рахматуллин, Ю.А.Демьянов. – М.: Наука, 1961. – 350 с.
 6. Гениев Г.А. Вопросы механики неупругих тел. / Г.А.Гениев, В.С.Лейтес. – М.: Строиздат, 1981. – 161 с.
 7. Гениев Г.А. Некоторые вопросы статики сплошной среды // Г.А.Гениев. - Строительная механика и расчет сооружений. – 1969. - №1.
 8. Ивлев Д.Д. К теории идеально-затвердевающих сред // Д.Д.Ивлев. - ДАН СССР. – 1960. – Т.130. - №4.
 9. Прагер В. Об идеально затвердевающих материалах // В.Прагер. - Механика. – 1958. - №3 (49).
 10. Чирас А.А. Теория оптимизации в предельном анализе твердого деформируемого тела // А.А. Чирас. – Вильнюс, 1971. – 130 с.
 11. Лукаш П.А. Основы нелинейной строительной механики / П.А.Лукаш. – М., 1978. – 250 с.
 12. Карпман В.И. Нелинейные волны в диспергирующих средах / В.И. Карпман. – М.: Наука, 1973. – 320 с.
 13. Лукомский В.П. К теории дифракции волновых пучков в анизотропных средах / В.П. Лукомский // Журнал экспериментальной и теоретической физики. – 1983. – Т. 84. – Вып. 2. – С. 513-525.
 14. Ильюшин А.А. Пластичность / А.А. Ильюшин. – М.: ОГИЗ, 1948. – 480 с.
 15. Гениев Г.А. К вопросу о постановке смешанной задачи теории упругости и статики сыпучей среды // Г.А. Гениев. - Основания, фундаменты и механика грунтов. – 1966. - №5.
 16. Гениев Г.А. Теория пластичности бетона и железобетона / Г.А. Гениев, В.Н.Киссюк, Г.А.Тюпин. – М.: Строиздат, 1974. – 250 с.

Анотація

ОСОБЛИВОСТІ НЕЛІНІЙНО-НЕПРУЖНИХ ХВИЛЬ ПРИ ВЗАЄМОДІЇ З РОБОЧИМИ ОРГАНАМИ БУДІВЕЛЬНИХ МАШИН У НЕЛІНІЙНО-НЕПРУЖНИХ СЕРЕДОВИЩАХ

Ловейкін В.С., Човнюк Ю.В., Тисленко А.Б.

Досліджена просторово-часова еволюція хвильових пучків у (резонансних)

анізотропних нелінійно-непружних середовищах, які виникають при взаємодії робочих органів будівельних машин з оброблюваним середовищем, на основі аналізу топології поверхонь хвильових нормалей, які відповідають можливим типам нормальних хвиль у таких середовищах (будівельні/бетонні суміші). Отримане лінійне диференціальне рівняння n -го порядку, яке описує еволюцію повільно змінної комплексної амплітуди довільної моди з точністю $(\lambda/a)^n$, де λ – довжина хвилі випромінювання, a – характерний поперечний розмір пучка. При опису ефектів самовпливу у таких середовищах для комплексної амплітуди отримане нелінійне рівняння типу рівняння Хіроти, яке є комбінацією рівняння Шредінгера та комплексного модифікованого рівняння Корвета-де Вріза.

Abstract

THE SPACE-TIME EVOLUTION OF WAVE BEAMS IN (RESONANT) ANISOTROPIC NONLINEAR, NONELASTIC MEDIA GENERATED BY INTERACTION OF WORK ORGANS OF BUILDING MACHINES WITH A WORKED MEDIA IS INVESTIGATE

V. Loveikin, Y. Chovnyk, A. Tislenko

The space-time evolution of wave beams in (resonant) anisotropic nonlinear, nonelastic media generated by interaction of work organs of building machines with a worked media is investigated by analyzing the topology of the surfaces of the wave normals corresponding to possible types of normal waves in the medium (building/concrete mixtures). A linear differential equation of the n -th order is derived which describes the evolution of a slowly varying complex amplitude of an arbitrary mode with an accuracy of the order of $(\lambda/a)^n$, where λ is the wavelength of the radiation and a is a characteristic transverse dimension of the beam. An analysis of self-action effects in such media leads to a nonlinear equation for the complex amplitude of the Hirota equation type which is a combination of the nonlinear Schroedinger equation and complex modified Korteweg-de Vries equation.

ОСОБЛИВОСТІ КОНСТРУКЦІЇ ТА ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ ПОЛЬОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ДИСКОВОГО ПЛУГА

**Волик Б.А., к.т.н., Пугач А.М., к.т.н., Теслюк Г.В., к.т.н.,
Семенюта А.М., інженер**

*Дніпропетровський державний аграрний університет, Гуляйпільський
механічний завод ВАТ «Мотор-Січ»*

Наведено результати польових досліджень дискового плуга, розробленого за принципом максимальної адаптації до конкретних ґрунтових умов.

Постановка проблеми. Останнім часом для обробітку ґрунту все частіше використовують знаряддя дискового типу, особливо, з можливістю зміни кутів нахилу у трьох площинах. Пояснюється це перш за все універсальністю агрегату: за рахунок переорієнтації диска можна отримати борону, луцильник або плуг при широких можливостях зміни якісних показників розпушення. Тому, цілий ряд виробників освоїв виробництво таких машин. Проте, відсутність чіткого трактування ряду конструктивних особливостей як робочого органу, так і машини в цілому створюють окремі проблеми. В зв'язку з цим виникає необхідність проведення досліджень в даному напрямку, які надають можливість обґрунтувати і рекомендувати для впровадження у виробництво одночасно і найменш енергоємного, і найбільш ефективного знаряддя для основного обробітку ґрунту.

Аналіз досліджень. Аналізом відомих конструктивних рішень машин, в основі яких закладено робочі органи дискового типу, встановлено, що практично всі параметри даних машин відпрацьовувались експериментально і мають обмежену аналітичну основу. Причиною тому є складність аналізу та опису руху ґрунтового шару як по робочій поверхні, так і після сходу з неї. А без цього створити повноцінну математичну модель не можливо.

Дисковий плуг з розташуванням дисків за класичною схемою полицевого плуга має переваги у порівнянні з дискатором при використанні на глибинах обробітку 15 см та більше. Проте, невирішеною є проблема стабілізації його ходу при кількості дисків більше за три.

Оглядом аналітичних та експериментальних досліджень не виявлено рекомендацій для визначення параметрів дисків при використанні їх на глибинах, що відповідають основному обробітку ґрунту. Пристосовно до дискової борони було встановлено, що якісні показники роботи дисків у значній мірі визначаються стабільністю ходу по глибині. Також було доведено, що для умов півдня України при роботі на стерньових фонах оптимальними є два різновиди дисків з параметрами:

$$D = 450 \text{ мм}; R = 650 \text{ мм}; n = 8; \beta = 20^{\circ};$$

$$D = 450 \text{ мм}; R = 610 \text{ мм}; n = 0; \beta = 20^{\circ},$$

де D – діаметр диска; R – радіус сфери; n – кількість вирізів; β – задній кут.

Рядом вчених досліджувався вплив форми вирізів на тяговий опір. За твердженням авторів, всі досліджені форми вирізів показали зниження тягового опору у конкретних ґрунтових умовах, проте єдиного конструктивного рішення не знайдено.

Мета досліджень – аналітичне обґрунтування параметрів, розробка конструкції та практичне відпрацювання конструктивних параметрів дискового плуга.

Основний матеріал досліджень. Польові дослідження проводились на полях ТОВ «Аврора» Оріхівського району Запорізької області з використанням дослідного зразка трикорпусного плуга.



Рис.1. Механізм кріплення диска

До відмінностей конструкції слід віднести: - оригінальний механізм регулювання кутів постановки диска у трьох площинах (фото рис.1.), який надає можливості провести випробування у аналітично обґрунтованому діапазоні їх зміни; - зміщена на 80 мм відносно серійної конструкції начіпка, що відповідає усередненому положенню повздовжньої складової сили тяги; - рама, виготовлена труби круглого профілю (зменшує крутильні коливання); - чистик, що за профілем повторює профіль перетину диска у місці його постановки; - кут постановки повздовжньої балки до напрямку руху відповідає розрахунковому [1]; - положення корпусів на повздовжній балці рами відповідає розрахунковим залежностям [1]; - параметри борозного опорного колеса відповідають обґрунтованим [1].

Умови досліджень: Тип ґрунту – чорнозем звичайний середньо суглинистий (у відповідності до картограми полів господарства); Агрофон – стерня пшениці, Питоме зчеплення часток ґрунту – $5,5 \text{ кН/м}^2$ (26 ударів твердоміра ДорНДІ, Твердість ґрунту - $6,4 \text{ Н/м}^2$, Питома маса ґрунту – $1,3 \text{ г/см}^3$, Вологість – 22 – 24%, Забур'яненість – 110-120 рослин на м^2 (визначалась шляхом підрахунку бур'янів, що попали в прямокутну рамку розміром $0,5 \times 0,5 \text{ м}$, з наступним перерахунком на $1,0 \text{ м}^2$, Енергоносій – трактор МТЗ-82

Візуальним спостереженням за агрегатом встановлено, що якість роботи відповідає агротехнічним вимогам. Поверхня поля рівна і однорідна, огріхи відсутні.

Різниця у виконанні технологічного процесу серійним і дослідним плугом відстежується чітко. Зі збільшенням кута постановки диска до напрямку руху (в більшості серійних плугах зміна кута постановки до вертикалі не передбачена) ґрунтові потоки починають накладатись один на один, що не є раціональним. У дослідному плузі в усьому діапазоні зміни обох кутів це явище не відстежувалось.

При максимальних значеннях кута постановки диска до напрямку руху в серійному плузі відмічені технологічні відмови, в дослідному цього вдавалося уникнути шляхом зміни кута постановки диска до вертикалі.

Можливість зміни кута постановки диска до вертикалі покращує керованість агрегатом, що відмічено трактористом.

Якість розпушення ґрунту оцінювалась за допомогою решітного класифікатора, але додатково, за групою показників, запропонованих А.М.Панченко [2]. Результати математичної обробки в табл.1.

За даними табл.1 побудовано огіву розподілу фракційного складу розпушеного ґрунту (рис.2.).

Таблиця 1. – Відсотковий вміст грудок у взятих пробах ґрунту після проходу плуга при різних кутах постановки диска

Діаметр отвору решета, мм	Кути постановки диска, град: $\alpha = 31,5 \beta = 26$		Кути постановки диска, град: $\alpha = 31,5 \beta = 17$	
	Умовний приведений діаметр грудки, мм	Відсотковий вміст фракції	Умовний приведений діаметр грудки, мм	Відсотковий вміст фракції
150	159	7,12	157	14,53
100	121	7,56	125	11,57
75	81	5,85	82	6,74
50	64	10,04	66	12,19
25	37	12,78	38	15,74
10	16	31,20	17	17,95
< 10	-	25,45	-	21,26
Всього		100		100
Діаметр отвору решета, мм	Кути постановки диска, град: $\alpha = 31,5 \beta = 8,0$		Кути постановки диска, град: $\alpha = 48,5 \beta = 8,0$	
	Умовний приведений діаметр грудки, мм	Відсотковий вміст фракції	Умовний приведений діаметр грудки, мм	Відсотковий вміст фракції
150	163	15,76	164	14,33
100	125	16,42	132	20,09
75	86	8,78	84	10,22
50	61	15,00	63	19,58
25	33	13,67	32	10,91
10	18	12,16	14	13,23
< 10	-	18,21	-	11,64
Всього		100		100

Використовуючи отримані графіки знаходимо коефіцієнт різноподрібнення структурованих агрегатів

$$K_p = D_{60} / D_{10}, \quad (1.)$$

де D_{60} , D_{10} – середній діаметр частинок, що складають відповідно 60 і 10% за діаметром, мм.

і на основі отриманого показника проаналізуємо якість роботи розробленого дискового плуга.

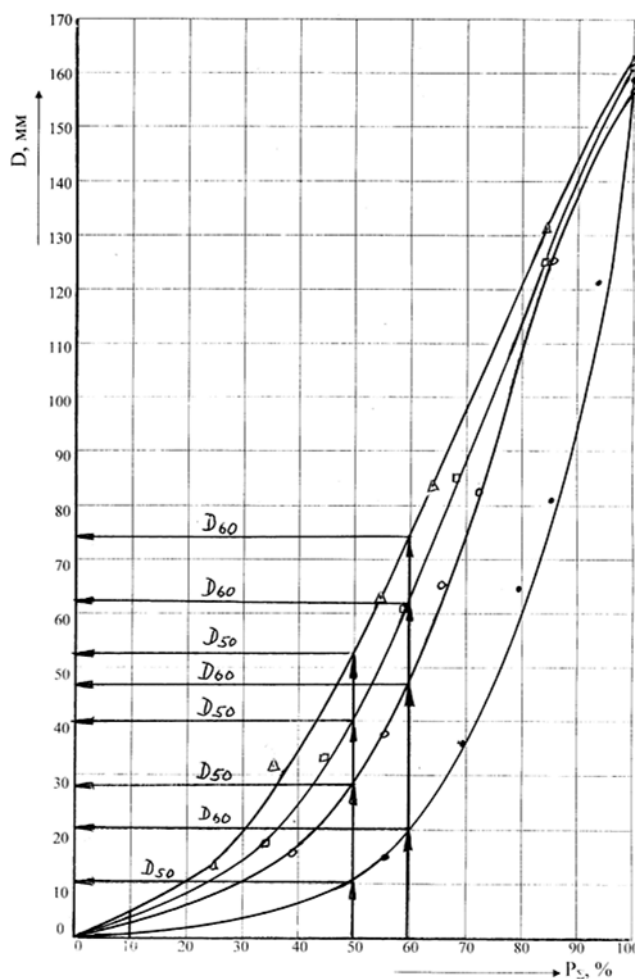


Рис.2. Огіва розподілу фракційного складу розпушеного ґрунту

● - $\alpha = 31,5 \beta = 26$; ○ - $\alpha = 31,5 \beta = 17$; □ - $\alpha = 31,5 \beta = 8,0$; ▲ - $\alpha = 48,5 \beta = 8,0$

Таблиця 2. Якісні показники розпушення ґрунту

	$\alpha = 270$ $\beta = 270$	$\alpha = 270$ $\beta = 270$	$\alpha = 270$ $\beta = 270$	$\alpha = 270$ $\beta = 270$
D60, мм	20	48	42	74
D50, мм	10	28	40	52
D10, мм	1,0	3	4	5
KP	20	16	10,5	14,8

Висновки

Внесені в конструкцію конструктивні зміни, особливо можливість регулювання кута постановки диска у трьох площинах, позитивно відбилися на технічних характеристиках плуга. Як показує аналіз табл.2 зміною кутів можна отримувати в тих же самих ґрунтових умовах коефіцієнт різноподрібнення структурованих агрегатів в досить широкому діапазоні, наприклад, від 20 до 10,5 в умовах проведення дослідів. Це ж стосується і вмісту агрономічно цінних агрегатів (0,25 – 10 мм) по відношенню до загальної маси взятої проби. Так, в умовах проведеного нами експерименту цей вміст можна було змінювати від 24,87% до 56,65%.

Список використаних джерел

1. Семенюта А.М. Математична модель дискового плуга / А.М.Семенюта, О.В.Білокопитов, Б.А.Волик, В.О.Колбасін //Праці Таврійського державного агротехнологічного університету – Вип.10. Т.8. – Мелітополь: ТДАТУ, 2010. – С.169 – 176.
2. Панченко А.Н. Теория измельчения почв почвообрабатывающими орудиями /А.Н.Панченко - Днепрпетр. гос. агр. ун-т.- Днепрпетровск, 1999. – 140с.

Аннотация

ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ И ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ДИСКОВОГО ПЛУГА

Волик Б.А., Пугач А.М., Теслюк Г.В., Семенюта А.М.

Приведены результаты полевых исследований дискового плуга, разработанного по принципу максимальной адаптации к конкретным почвенным условиям

Abstract

CONSTRUCTION FEATURES AND MAIN RESULTS OF DISK PLOW INVESTIGATIONS

Volyk B., Pugach A., Teslyuk G., Semenyuta A.

The results of disk plow field investigations, developed on the principle of maximum adaptation to specific soil conditions are listed.

ОСОБЛИВОСТІ КОНСТРУКЦІЇ ТА ПОЛЬОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПЛУГА - БУКЕРА

Конащук В.В., асистент

Дніпропетровський державний аграрний університет

Запропонована конструкція плужного корпусу для умов, коли необхідно зменшити силове навантаження на ґрунтове середовище. Наведені результати експериментальних досліджень якості розпушення.

Постановка проблеми. Обробіток ґрунту є найбільш енергоємною операцією в технологічному процесі вирощування сільськогосподарських культур. Тому дослідження по оптимізації параметрів ґрунтообробних знарядь завжди були і є актуальними.

Історично букер був створений як машина для неглибокої оранки з одночасним посівом під пласт. Складався із багатокорпусного плуга (на 2-3-4 лемеші), ємності для насіння та висівного апарату. Ним сіяли по стерні, де букер одночасно виконував операції оранки і посіву. Букер підрізував бур'ян, створював на поверхні сипкий шар, який перешкоджав швидкому випаровуванню вологи з ґрунту, що дуже важливо для посушливих місцевостей, а крім того — зменшував кількість операцій при посіві. Негативом була нерівномірна глибина загортання насіння, що занижувало схожість і призводило до перевитрат посівного матеріалу. Букер застосовувався для очистки парів від бур'янів. У посушливих районах полиці відкидались, а працювали тільки лемеші, що стало прообразом сучасних плоскорізів, які забезпечують безвідвальний обробіток. На початку ХХ століття були поширені сівалки-букери, луцильник-заорювач, або, як тоді казали, плужниця. На півдні України, типовому степовому краю, букери були більш поширені, ніж плуги, незважаючи на те, що закордонні виробники активно впроваджували землеробські знаряддя Сакса та Екерта.

Особливість роботи букера полягає в тому, що він менш інтенсивно розпушує шар ґрунту і тим самим зменшує імовірність ерозії. Нами було відмічено, що деякі господарства півдня, ґрунтові умови яких складні, продовжують використовувати цей вид плуга. Було також відмічено, що використовується він на глибинах до 15 – 18 см, тобто практично замість луцильника. Остання наштотувало нас на думку дослідити шляхом порівняльних польових випробувань якісні показники роботи плуга-букера і звичайного полицевого луцильника.

Аналіз останніх досліджень. Оглядом науково-технічної літератури досліджень стосовно плуга-букера не виявлено.

Мета досліджень – оцінити якісні показники розпушення ґрунту плугом-букером і тим самим підтвердити доцільність його використання в певних ґрунтово-кліматичних умовах.

Основний матеріал досліджень. За результатами аналітичних та лабораторних досліджень, виконаних кафедрою сільськогосподарських машин ДДАУ була обрана концепція плуга-букера і був виготовлений п'ятикорпусний варіант для польових випробувань (рис.1.).



Рис.1. Дослідний зразок плуга-букера (варіант виконання $\gamma = 63^{\circ}$)

До відмінностей конструкції слід віднести: 1. Малий кут постановки лемеша до дна борозни $\alpha = 5 \dots 8^{\circ}$. 2. Кут постановки лемеша до стінки борозни $\gamma = 63^{\circ}$ обраний з урахуванням мінімізації бокової складової загального опору корпусу. 3. Полиця плоскої форми. Якщо провести аналогію з полицею звичайного плуга: – утворююча полиці є пряма лінія з постійним кутом $\delta = 43^{\circ}$ до стінки борозни ; – направляюча утворюючої теж пряма лінія з постійним кутом $\beta = 65^{\circ}$ до дна борозни. 4. Відсутність польової дошки. 5. Ширина захвату одного корпусу $b = 25$ см.

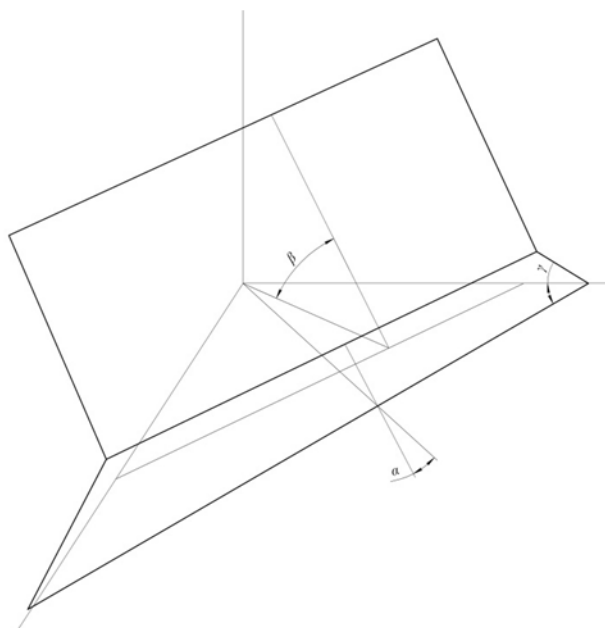


Рис.2.Конструктивна схема корпусу.

Параметри полиці були аргументовані нами наступним чином.

Для виконання розрахунків нам необхідно знати два основних конструктивних параметри – довжину L та висоту h полиці (рис.3.).

У відповідності до розрахункової схеми

$$h = \sqrt{a^2 + b^2} = \sqrt{180^2 + 250^2} = 308 \quad (1)$$

Прийнято $h = 310$ мм.

Як відомо, польовий обріз полиці повинен бути відхилений від вертикалі на кут 3...5 градусів. Тому

$$\Delta = h \cdot \text{tg}3^\circ = 308 \cdot 0,0524 = 16 \text{ мм.} \quad (2)$$

Далі, у відповідності до розрахункової схеми

$$c = a + b - a \cdot \cos 38^\circ = 180 + 250 - 180 \cdot 0,788 = 288 \text{ мм} \quad (3)$$

$$e = 0,5 \cdot b \cdot \cos 52^\circ = 0,5 \cdot 250 \cdot 0,6137 = 77 \text{ мм} \quad (4)$$

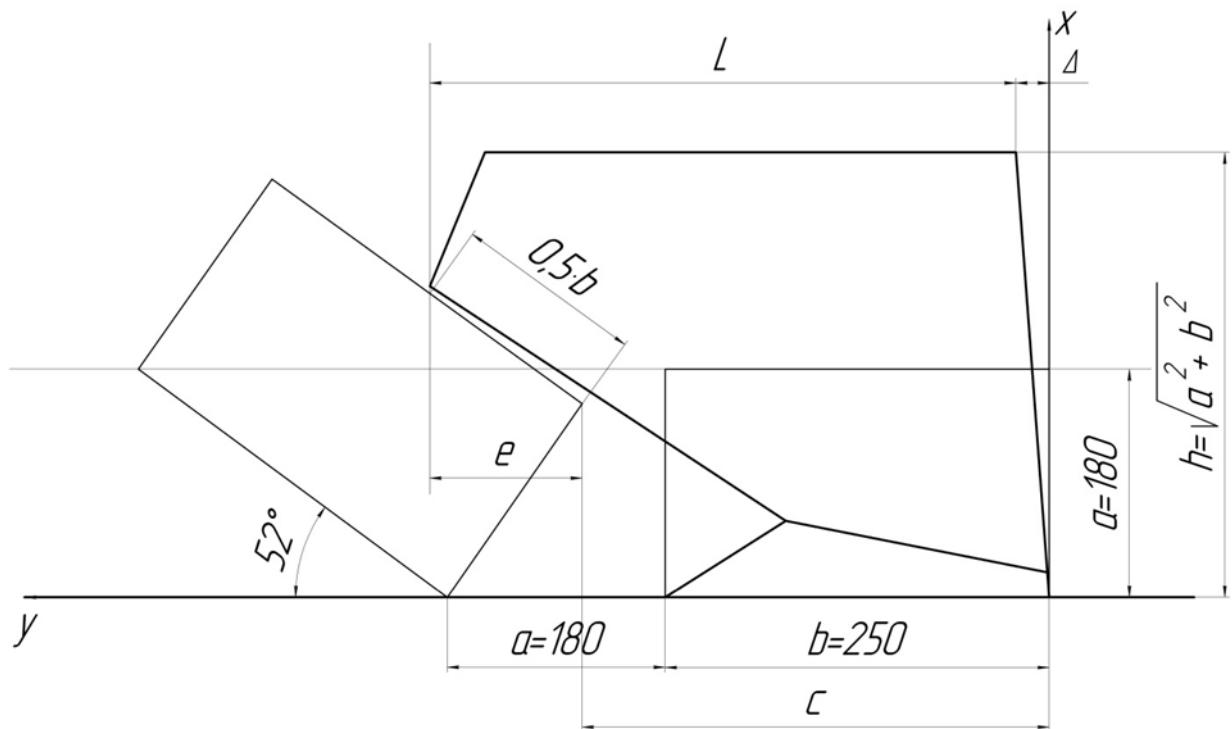


Рис.3. Розрахункова схема до визначення оптимальних параметрів корпусу плуга-букера.

Остаточню

$$L = c + e - \Delta = 288 + 77 - 16 = 349 \text{ мм} \quad (5)$$

Довжина крила полиці з урахуванням нахилу до стінки борозни $\eta = 75^\circ$

$$L_{\Pi} = \frac{L}{\cos 75^\circ} = \frac{0,35}{0,2588} = 1,35 \text{ м}$$

Прийнято $L_{\Pi} = 1,35$ м.

Дослідний зразок машини пройшов польові випробування на предмет

сталості робочого ходу, якості розпушення та зменшення тягового опору. Дослідження проводились у порівнянні з серійним полицевим луцильником. Останнє необхідне для оцінки економічної ефективності від можливого впровадження машини у виробництво.

Умови випробувань: 1. Тип ґрунту – чорнозем звичайний середньо суглинистий; 2. Агрофон – стерня пшениці; 3. Питоме зчеплення часток ґрунту – $5,5 \text{ кН/м}^2$ (26 ударів твердоміра ДорНДІ; 4. Твердість ґрунту, Н/м^2 - 6,4 ;5. Вологість, % - до 18; 6 Ухил місцевості, град - до 5; 7. Глибина оранки, см – 15; 8. Робоча швидкість, м/с - 2,3 – 2,4;9 Енергоносій – трактор МТЗ-82

Аналіз отриманих результатів показує наступне.

Візуальним спостереженням за агрегатом встановлено, що якість роботи відповідає агротехнічним вимогам. Поверхня поля рівна і однорідна, огріхи відсутні.

Агрегат стало виконує технологічний процес на швидкостях у діапазоні III – V передач трактора МТЗ-82, але робота на IV передачі методом експертної оцінки визнана оптимальною. На меншій швидкості не забезпечується достатня продуктивність, на більшій – шар ґрунту відкидається на відстань, що перебільшує ширину борозни.

Шлях занурення на робочу глибину становить 1,2 м при роботі на III передачі, 0,7 м - відповідно на IV. На інших передачах не досліджувалось.

Поперечна складова тягового опору для даного конструктивного виконання та для найбільш реальної швидкості поступового руху знаходиться в межах 20% від загального тягового опору, що в даному конкретному випадку дорівнює 0,7 кН. Сила опору на переміщення шару ґрунту вздовж полиці суттєво зростає з зростанням швидкості руху. Леміш помітно менш суттєво реагує на зміну швидкості. Тому доцільно впливати на величину поперечної складової зміною кута постановки полиці.

Ущільнення дна борозни перевірялося твердоміром ДорНДІ. Показники ущільнення практично однакові.

Одним з основних питань є доцільність використання плуга-букера замість луцильника з точки зору якості розпушення, яка визначалась шляхом просіювання на решетах. За даними просіювання визначали два показники – коефіцієнт K_p різноподрібнення структурованих агрегатів [1] і процентне відношення $K_{\text{АЦ}}$ маси агрономічно цінних агрегатів (0,25 – 10 мм) до загальної маси взятої проби. За результатами обробки отримані наступні дані (табл.1.).

Таблиця 1- Показники якості розпушення ґрунту.

Показник	Плуг-букер	Полицевий луцильник
K_p	35,6	31,4
$K_{\text{АЦ}}$	0,73	0,64

Висновки. Проведеними дослідженнями доведена можливість зменшення поперечної складової тягового опору плуга-букера шляхом встановлення леміша під від'ємним кутом до напрямку руху. Це автоматично зменшує загальний тяговий опір.

Якісні показники розпушення ґрунту співставимі з лушильником, що дає підстави стверджувати про можливість його використання для основного обробітку ґрунту.

Список використаних джерел

1. Панченко А.Н. Теория измельчения почв почвообрабатывающими орудиями /А.Н.Панченко - Днепропетр. гос. агр. ун-т.- Днепропетровск, 1999. – 140с.

Аннотация

ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ И ПОЛЕВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПЛУГА-БУКЕРА

Конащук В.В.

Предложена конструкция корпуса плуга для условий, когда не обходимо уменьшить силовые нагрузки на почвенную среду. Приведены результаты экспериментальных исследований качества крошения.

Abstract

CONSTRUCTION FEATURES AND FIELD INVESTIGATION OF PLOW – BOOKER

Konashchuk V.

The construction of plow body for conditions when it is necessary to reduce power loads on soil is proposed. The results of experimental investigations of shredding quality are listed.

УДК 532:631.362

ПРИМЕНЕНИЕ ОБОБЩЕННЫХ УРАВНЕНИЙ НАВЬЕ-СТОКСА ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ДВИЖЕНИЯ ЗЕРНА ПО ЦИЛИНДРИЧЕСКОМУ ВИБРОРЕШЕТУ

Ольшанский В.П., д.ф.-м.н., проф., Ольшанский С.В., асп.

*Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства
им. П. Василенко*

В цилиндрической системе координат выведена система уравнений осесимметричного вертикального движения неоднородной жидкости, у которой кинематическая вязкость является дифференцируемой функцией радиальной координаты. Для отдельных случаев неоднородности построены аналитические решения системы, описывающие установившееся течение виброоживленной зерновой смеси по внутренней поверхности цилиндрического

решета виброцентробежного сепаратора. Показано, что в частных случаях из этих решений следуют формулы, известные в теории сепарирования зерна, а также их обобщения.

Ключевые слова: виброоживленная зерновая смесь, цилиндрическое виброрешето, кинематическая вязкость, гидродинамическая аналогия, уравнения Навье-Стокса.

Постановка проблемы. В большинстве работ при моделировании движения зерна по решету, как виброоживленного слоя, используют классические уравнения течения однородной вязкой жидкости. Однако, эксперименты показывают, что эффективная кинематическая вибровязкость смеси меняется по толщине движущегося слоя. Она увеличивается с удалением от свободной поверхности слоя в сторону поверхности решета. Поэтому указанное свойство вибровязкости слоя следует учитывать в уточненных моделях движения сепарируемой зерновой смеси.

Анализ последних публикаций. Из работ, в которых экспериментально подтверждено, что вибровязкость меняется по толщине движущегося зернового слоя, отметим [1,2]. Учет этого изменения при теоретическом описании движения смеси по поверхности плоского виброрешета проводился в [3-6]. Ориентируясь на моделирование движения смеси по плоскому виброрешету, в [6] выведена система уравнений течения неоднородной жидкости, у которой кинематическая вязкость зависит от одной из декартовых координат и построены решения системы для случаев стационарного потока зерновой смеси без учета и с учетом разделения ее на сходовую и проходную фракции. Такие исследования еще не проводились для цилиндрического решета виброцентробежного сепаратора, что стало мотивом этой работы.

Целью работы является вывод уравнений осесимметричного течения неоднородной вязкой жидкости, а также построение их аналитических решений для моделирования установившегося движения виброоживленной зерновой смеси по цилиндрическому решету виброцентробежного сепаратора.

Вывод системы уравнений движения. Рассматриваем вертикальное движение кольцевого слоя смеси в системе координат, показанной на рис. 1.

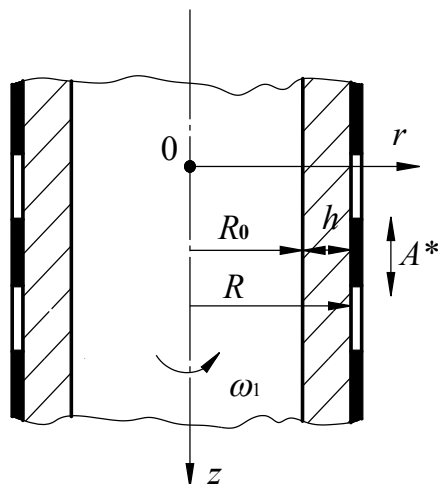


Рис. 1 Расчётная схема

Через r и z – обозначены радиальная и осевая координаты. Радиус решета R и внутренний радиус кольцевого слоя R_0 связаны соотношением $R_0 = R - h$, где h – толщина слоя, которую считаем постоянной величиной.

В качестве исходных выражений принимаем уравнения равновесия элемента в напряжениях при вертикальном осесимметричном движении сплошной среды [7, с. 178]:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \sigma_{rr}}{\partial r} + \frac{\partial \sigma_{rz}}{\partial z} + \frac{\sigma_{rr} - \sigma_{\varphi\varphi}}{r} - \rho \frac{du_r}{dt} &= 0, \\ \frac{\partial \sigma_{r\varphi}}{\partial r} + \frac{\partial \sigma_{\varphi z}}{\partial z} + \frac{2}{r} \sigma_{r\varphi} - \rho \frac{du_\varphi}{dt} &= 0, \\ \frac{\partial \sigma_{rz}}{\partial r} + \frac{\partial \sigma_{zz}}{\partial z} + \frac{1}{r} \sigma_{rz} - \rho \frac{du_z}{dt} + \rho g &= 0. \end{aligned} \quad (1)$$

Здесь $\sigma_{rr}, \sigma_{\varphi\varphi}, \sigma_{zz}$ – соответственно нормальные радиальное, тангенциальное и осевое напряжения; $\sigma_{rz}, \sigma_{r\varphi}, \sigma_{\varphi z}$ – касательные напряжения; ρ – плотность среды; u_r, u_φ, u_z – соответственно радиальная, тангенциальная и осевая проекции вектора скорости; t – время; g – ускорение свободного падения.

Напряжения и проекции скорости в цилиндрической системе координат связаны обобщенным законом Ньютона [8, с. 355]:

$$\begin{aligned} \sigma_{rr} &= -p + 2\mu \frac{\partial u_r}{\partial r}; \quad \sigma_{\varphi\varphi} = -p + 2\mu \frac{u_r}{r}; \quad \sigma_{zz} = -p + 2\mu \frac{\partial u_z}{\partial z}; \\ \sigma_{r\varphi} &= \mu \cdot \left(\frac{\partial u_\varphi}{\partial r} - \frac{u_\varphi}{r} \right); \quad \sigma_{\varphi z} = \mu \cdot \frac{\partial u_\varphi}{\partial z}; \quad \sigma_{rz} = \mu \cdot \left(\frac{\partial u_z}{\partial r} + \frac{\partial u_r}{\partial z} \right), \end{aligned} \quad (2)$$

в котором μ – коэффициент динамической вязкости среды; p – внутреннее давление.

В дальнейшем считаем, что μ является дифференцируемой функцией координаты r .

Выражения полных производных от проекций скорости по времени в цилиндрических координатах имеют вид [8, с. 52]:

$$\begin{aligned} \frac{du_r}{dt} &= \frac{\partial u_r}{\partial t} + u_r \frac{\partial u_r}{\partial r} + u_z \frac{\partial u_r}{\partial z} - \frac{u_\varphi^2}{r}; \\ \frac{du_\varphi}{dt} &= \frac{\partial u_\varphi}{\partial t} + u_r \frac{\partial u_\varphi}{\partial r} + u_z \frac{\partial u_\varphi}{\partial z} + \frac{u_r u_\varphi}{r}, \\ \frac{du_z}{dt} &= \frac{\partial u_z}{\partial t} + u_r \frac{\partial u_z}{\partial r} + u_z \frac{\partial u_z}{\partial z}. \end{aligned} \quad (3)$$

Подставив (2) и (3) в (1), с учетом условия несжимаемости среды [8, с. 363]

$$\frac{\partial}{\partial r}(ru_r) + \frac{\partial}{\partial z}(ru_z) = 0, \quad (4)$$

получаем систему уравнений:

$$\begin{aligned} \frac{\partial u_r}{\partial t} + u_r \frac{\partial u_r}{\partial r} + u_z \frac{\partial u_r}{\partial z} - \frac{u_r^2}{r} &= -\frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial p}{\partial r} + \nu \cdot \left(\nabla^2 u_r - \frac{u_r}{r^2} \right) + 2\nu_r' \frac{\partial u_r}{\partial r}, \\ \frac{\partial u_\varphi}{\partial t} + u_r \frac{\partial u_\varphi}{\partial r} + u_z \frac{\partial u_\varphi}{\partial z} + \frac{u_r u_\varphi}{r} &= \nu \cdot \left(\nabla^2 u_\varphi - \frac{u_\varphi}{r^2} \right) + \nu_r' \left(\frac{\partial u_\varphi}{\partial r} - \frac{u_\varphi}{r} \right), \\ \frac{\partial u_z}{\partial t} + u_r \frac{\partial u_z}{\partial r} + u_z \frac{\partial u_z}{\partial z} &= -\frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial p}{\partial z} + \nu \nabla^2 u_z + \nu_r' \left(\frac{\partial u_z}{\partial r} + \frac{\partial u_r}{\partial z} \right) + g. \end{aligned} \quad (5)$$

В ней $\nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$ – оператор Лапласа; $\nu = \mu\rho^{-1}$ – кинематическая вязкость среды; ν_r' – производная ν по r .

В случае однородной среды ($\nu_r' = 0$) уравнения (5) переходят в уравнения Навье-Стокса для ньютоновской вязкой жидкости при наличии осевой симметрии относительно oz [8, с. 363].

Уравнения (4) и (5) приходится решать с учетом граничных условий:

$$u_r = u_z = 0; u_\varphi = \omega_1 R \quad (6)$$

- на поверхности решета $r = R$ и

$$\frac{\partial u_r}{\partial r} = 0; \frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{u_\varphi}{r} \right) = 0; \frac{\partial u_z}{\partial r} + \frac{\partial u_r}{\partial z} = 0 \quad (7)$$

- на свободной поверхности кольцевого слоя зерна $r = R_0$.

В (6) ω_1 – постоянная угловая скорость вращения решета.

Решения краевой задачи в установившемся режиме движения смеси. Используя результаты работы [9], задаем:

$$u_r = 0; u_\varphi = \omega_1 r; u_z = u_z(r); p = \frac{1}{2} \rho \omega_1^2 (r^2 - R_0^2), \quad (8)$$

т.е. считаем проекции скорости и давления независимыми от координаты z и времени t . При таком варианте решения уравнения (4), а также первое и второе уравнения системы (5), обращаются в тождества, а третье принимает вид

$$\frac{d^2 u_z}{dr^2} + \left(\frac{1}{r} + \frac{\nu_r'}{\nu} \right) \frac{du_z}{dr} = -\frac{g}{\nu}. \quad (9)$$

Его следует решать при граничных условиях:

$$u_z(R) = 0; \left. \frac{du_z}{dr} \right|_{r=R_0} = 0, \quad (10)$$

вытекающих из (6) и (7).

Введением вспомогательной функции

$$w = \frac{du_z}{dr} \quad (11)$$

(9) понижаем до уравнения первого порядка

$$\frac{dw}{dr} + \left(\frac{1}{r} + \frac{v'_r}{v} \right) \cdot w = -\frac{g}{v}, \quad (12)$$

и решаем методом Бернулли.

Решение представляем произведением

$$w(r) = \xi(r) \cdot \eta(r) \quad (13)$$

двух неизвестных функций $\xi(r)$ и $\eta(r)$.

Подставив (13) в (12), получаем два уравнения:

$$\frac{d\eta}{\eta} = -\left(\frac{1}{r} + \frac{v'_r}{v} \right) dr; \quad \frac{d\xi}{dr} = -\frac{g}{v\eta}.$$

Интегрируя первое, находим

$$\eta = \frac{1}{rv}. \quad (14)$$

Интегралом второго, с учетом (14), является

$$\xi = c_1 - \frac{gr^2}{2}. \quad (15)$$

Второе граничное условие в (10) выполняется, когда

$$c_1 = \frac{1}{2} gR_0^2. \quad (16)$$

В итоге, учитывая (13), (14), (15) и (16), получаем

$$w = \frac{g}{2} \cdot (R_0^2 - r^2) \cdot \frac{1}{rv}. \quad (17)$$

Используя далее выражения (10), (11) и (18), искомое решение краевой задачи представляем интегралом

$$u_z(r) = \frac{g}{2} \cdot \int_R^r \frac{R_0^2 - r^2}{r v(r)} dr. \quad (18)$$

Численным интегрированием (18) можно находить $u_z(r)$ для различных функций $v(r)$.

Но в отдельных случаях интеграл (18) можно «взять» аналитически. Рассмотрим некоторые из них.

1. Пусть $v(r) = const$. Тогда

$$u_z(r) = \frac{g}{2v} \cdot \left(R_0^2 \ln \frac{r}{R} + \frac{R^2 - r^2}{2} \right). \quad (19)$$

Эта формула была ранее получена другим способом в [10] для расчета скорости потока зерна внутри цилиндрического решета виброцентробежного сепаратора.

2. Выведем формулу скорости потока смеси, когда

$$v(r) = Kr^\lambda, \quad (20)$$

K и λ – неотрицательные постоянные. Их можно найти по известным (замеренным) значениям $v(r)$ на граничных поверхностях слоя: $v(R_0) = v_0$, $v(R) = v_1$, ибо

$$\lambda = \frac{\ln(v_1/v_0)}{\ln(R/R_0)}; \quad K = v_1 R^{-\lambda}.$$

Подставив (20) в (18), для степенного закона изменения вибровязкости смеси, получаем

$$u_z(r) = \frac{g}{2K} \cdot \left[\frac{R_0^2 (R^{-\lambda} - r^{-\lambda})}{\lambda} + \frac{R^{2-\lambda} - r^{2-\lambda}}{2-\lambda} \right], \quad \lambda > 0, \lambda \neq 2. \quad (21)$$

Предельный переход $\lambda \rightarrow 0$ в (21) приводит к (19). Если $\lambda \rightarrow 2$, то из (21) следует:

$$u_z(r) = \frac{g}{4K} \cdot \left[R_0^2 (R^{-2} - r^{-2}) - 2 \ln \frac{r}{R} \right]. \quad (22)$$

Поэтому в совокупности (19), (21) и (22) позволяют вычислять скорость потока при любых неотрицательных λ в (20).

3. Выведем формулу $u_z(r)$ для экспоненциального закона изменения вибровязкости смеси

$$v(r) = K \exp(\lambda r), \quad (23)$$

у которого $K > 0$, $\lambda \geq 0$. Если известны v_0 и v_1 , то

$$\lambda = \frac{1}{R - R_0} \ln \frac{v_1}{v_0}, \quad K = v_1 \exp(-\lambda R).$$

Подставив (23) в (18), получаем

$$u_z(r) = \frac{g}{2K} \cdot \left\{ R_0^2 \cdot [Ei(-\lambda r) - Ei(-\lambda R)] + \frac{1}{\lambda^2} [(1 + \lambda r)e^{-\lambda r} - (1 + \lambda R)e^{-\lambda R}] \right\} \quad (24)$$

Здесь $Ei(-x)$ – интегральная показательная функция отрицательного аргумента, затабулированная в [11, 12] и других изданиях по специальным функциям.

Для значения $\lambda r \geq 1$ вычисление $Ei(-\lambda r)$ можно проводить по приближенной формуле [11]

$$Ei(-x) \approx -e^{-x} \cdot \frac{x^2 + 2,334733x + 0,250621}{x \cdot (x^2 + 3,330657x + 1,681534)},$$

погрешность которой меньше 0,00005.

При $\lambda \rightarrow 0$ в (24) возникает неопределенность вида $|0/0|$. Поскольку для малых аргументов [12]

$$e^{-x} \sim 1 - x + \frac{1}{2}x^2; \quad Ei(-x) \sim \ln(\gamma x),$$

где γ – постоянная Эйлера, то в пределе, когда $\lambda \rightarrow 0$, (24) переходит в (19).

Таким образом, (21) и (24) являются обобщениями формулы (19), известной в теории сепарирования зерна.

4. Аналитическое интегрирование в (18) не исчерпывается аппроксимациями (20) и (23). Оно возможно и для других зависимостей $v(r)$. Например, при

$$\begin{aligned} v(r) &= K \ln(\lambda r), \\ K > 0, \quad \lambda > 1/R_0, \end{aligned} \quad (25)$$

интеграл (18) также выражается через интегральную показательную функцию $Ei^*(x)$, но положительного аргумента:

$$u_z(r) = \frac{g}{2K} \cdot \left\{ R_0^2 \cdot \ln \frac{\ln(\lambda r)}{\ln(\lambda R)} - \frac{1}{\lambda^2} [Ei^*(2 \ln(\lambda r)) - Ei^*(2 \ln(\lambda R))] \right\} \quad (26)$$

Константы в аппроксимации (25) связаны с граничными значениями вибровязкости слоя соотношениями:

$$K = \frac{v_1 - v_0}{\ln \frac{R}{R_0}}, \quad \lambda = \frac{1}{R} \exp\left(\frac{v_1}{K}\right).$$

Учитывая малые значения аргумента, интегральную показательную функцию можно вычислять с помощью ряда [12]

$$Ei^*(x) = C + \ln x + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{x^n}{n \cdot n!},$$

в которой $C \approx 0,5772157$ – постоянная Эйлера.

Для вычисления $Ei^*(x)$ имеются также таблицы в [11, 12] и других изданиях по специальным функциям. Поэтому расчет профиля скорости потока по формуле (26) не вызывает затруднений.

Как видим, вид неоднородности виброоживленной сыпучей среды, в установившемся режиме движения, влияет лишь на проекцию скорости $u_z(r)$, тогда как остальные проекции и давление не зависят от $v(r)$ и определены выражениями (8).

Численные результаты и их анализ. Следуя [2] для проведения расчетов задавали: $R = 0,3075$ м; $\rho v_0 = 0,55$ Па·с; $\rho v_1 = 0,77$ Па·с; $\rho = 750$ кг/м³. Вычисляли $u_z(r)$ при различных значениях h . Результаты вычисления проекции скорости по формуле (21) представлены на рис. 2 для трех толщин движущегося кольцевого слоя. С увеличением толщины h существенно возрастает скорость потока смеси, особенно у свободной поверхности слоя, когда $r^* = (r - R_0)h^{-1} \rightarrow 0$.

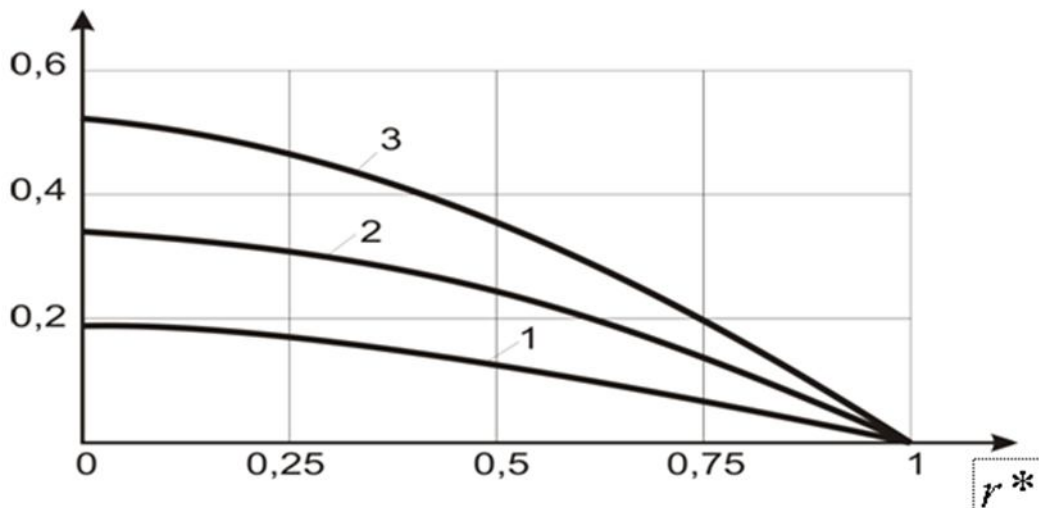


Рис. 2. Профили вертикальной скорости потока: 1, 2, 3 – $h = 0,006; 0,008; 0,01$ м

Результаты аналогичных расчетов по формулам (24) и (26) при $h = 0,01$ м представлены в таблице. Для сравнения указаны также значения скорости, к которым приводит формула (21).

Таблица. Значения $u_z(r)$, вычисленные по различным формулам

r^*	$10u_z(r)$, м/с			r^*	$10u_z(r)$, м/с		
	по (21)	по (24)	по (21)		по (21)	по (24)	по (26)
0	5,299	5,308	5,250	0,5	3,813	3,818	3,781
0,1	5,234	5,242	5,185	0,6	3,208	3,212	3,185
0,2	5,044	5,052	4,996	0,7	2,518	2,521	2,503
0,3	4,739	4,745	4,694	0,8	1,750	1,751	1,742
0,4	4,326	4,332	4,287	0,9	0,908	0,909	0,906

При соответствующем выборе констант рассмотренные аппроксимации $v(r)$ приводят к близким профилям скорости потока. Аппроксимация (21) удобнее других, так как для нее расчет $u_z(r)$ сводится к вычислениям только элементарных функций.

Выводы. Построенная система уравнений позволяет проводить расчет скорости потока виброоживленной зерновой смеси по внутренней поверхности цилиндрического решета виброцентробежного сепаратора с учетом изменения её эффективной вязкости по толщине движущегося слоя. Аналитические решения системы приводят к формулам, известным в теории сепарирования однородного слоя зерна, а также к их обобщениям на неоднородный слой зерновой смеси.

Список использованных источников

1. Тищенко Л.Н., Пивень М.В., Харченко С.А., Бредихин В.В. Исследование закономерностей вибровязкости зерновых смесей при сепарировании цилиндрическими виброцентробежными решетками // Сучасні напрямки технології та механізації процесів переробних і харчових виробництв:

- Вісник ХНТУСГ. – Харків: ХНТУСГ, 2009. – Вип. 88. – С. 34-44.
2. Тищенко Л.Н., Мазоренко Д.И., Пивень М.В., Харченко С.А., Бредихин В.В., Мандрыка А.В. Моделирование процессов зерновых сепараторов. – Харьков: Міськдрук, 2010. – 360 с.
 3. *Ольшанский В.П., Кучеренко С.И., Бурлака В.В.* К расчету движения зерновой смеси по плоскому вибрирующему решету // Технічний сервіс АПК, техніка та технології у сільськогосподарському машинобудуванні: Вісник ХНТУСГ. – Харків: ХНТУСГ, 2009. – Вип. 77. – С. 238-244.
 4. *Тищенко Л.Н., Ольшанский В.П., Ольшанский С.В.* Гидродинамика сепарирования зерна. – Харьков: Міськдрук, 2010. – 174 с.
 5. *Тищенко Л.Н., Ольшанский В.П., Ольшанский С.В.* О колебаниях скорости неоднородного слоя зерновой смеси на плоском виброрешете // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ, 2010. – Вип. 10, Т. 7. – С. 32-42.
 6. *Тищенко Л.Н., Ольшанский В.П., Ольшанский С.В.* О применении уравнений движения неоднородной вязкой жидкости в моделях сепарирования зерна // Механізація сільськогосподарського виробництва та переробки сільськогосподарської продукції: Вісник ХНТУСГ. – Харків: ХНТУСГ, 2010. – Вип. 103. – С. 320-327.
 7. *Новацкий В.* Теория упругости. – М.: Мир, 1975. – 872 с.
 8. *Лойцянский Л.Г.* Механика жидкости и газа. – М.: Наука, 1973. – 847 с.
 9. *Тищенко Л.Н., Абдуева Ф.М., Ольшанский В.П.* О решениях упрощенных уравнений Навье-Стокса в гидродинамической модели движения зерновой смеси // Механізація сільськогосподарського виробництва: Вісник ХНТУСГ. – Харків: ХНТУСГ, 2008. – Вип. 75. Т. 1. – С. 217-224.
 10. *Тищенко Л.Н.* Интенсификация сепарирования зерна. – Харьков: Основа, 2004. – 224 с.
 11. *Абрамовиц А., Стиган И.* Справочник по специальным функциям (с формулами, графиками и математическими таблицами). – М.: Наука, 1979. – 832 с.
 12. *Янке Е., Эмде Ф., Лёш Ф.* Специальные функции. – М.: Наука, 1977. – 344 с.

Анотація

ЗАСТОСУВАННЯ УЗАГАЛЬНЕНИХ РІВНЯНЬ НАВ'Є-СТОКСА ПРИ МОДЕЛЮВАННІ РУХУ ЗЕРНА ПО ЦИЛІНДРИЧНОМУ ВІБРОРЕШЕТУ

Ольшанський В.П., Ольшанський С.В.

В циліндричній системі координат виведено систему рівнянь осесиметричного вертикального руху неоднорідної рідини, у якій кінематична в'язкість є диференційованою функцією радіальної координати. Для окремих випадків неоднорідності побудовано аналітичні розв'язки системи, які описують усталену течію вібророзріженої зернової суміші по внутрішній поверхні циліндричного решета вібровідцентрового сепаратора. Показано, що з цих розв'язків випливають формули, відомі в теорії сепарування зерна, та їх узагальнення.

Abstract

APPLICATION OF GENERALIZED NAVIER-STOKES EQUATIONS AT MODELING MOTION OF A GRAIN ON CYLINDRICAL VIBROSIEVE

Olshanskii V.P., Olshanskii S.V.

In a cylindrical coordinate system is derived system of equations of the axisymmetric vertical motion of an inhomogeneous fluid whose kinematic viscosity is a differentiable function of radial coordinate. For individual cases, heterogeneity of analytical solutions for the system, describing the steady flow vibroliquefaction grain mix on the inner surface of the cylindrical sieve vibratory centrifugal separator. It is shown that in particular cases of these solutions follow a formula known in the theory of separation of grain, as well as their generalizations.

УДК 631.354.2:53.082.36

ХАРАКТЕРИСТИКА АЕРОДИНАМІЧНОГО ПОЛЯ В РОБОЧІЙ КАМЕРІ ДВОБАРАБАННОГО ОБЧІСУЮЧОГО ПРИСТРОЮ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНОЇ МАШИНИ

Стоєв М.Ф., інж.; Данченко М.М., к.т.н., доц.

Таврійський державний агротехнологічний університет

В статті розглянуто основні характеристики аеродинамічного поля в важливих зонах робочої камери двобарабанного обчисуючого пристрою з урахуванням впливу на них частот обертання обчисувального барабану і бітера-відбивача, а також зазору між їхніми робочими органами. Визначена область раціональних значень цих факторів щодо використання аеродинамічного поля для покращення технологічних умов обчисування рослин на корені та збору зернового вороху.

Постановка проблеми. Технологія збирання зернових культур обчисуванням рослин на корені сьогодні набула широкого визнання в Україні та за її межами як пріоритетний напрям розвитку зернозбиральної техніки. Важливий внесок у розробку технології та технічних засобів збирання зернових культур обчисуванням рослин на корені належить науковцям ТДАТУ [1–6]. Свідченням цьому є широке впровадження нової технології і двобарабанного обчисуючого пристрою конструкції ТДАТУ (сімейства МОН) на ланах України, Росії та інших країн [5, 6].

Практичний досвід показав, що в зернозбиральних машин обчисуючого типу можуть виникати продольні і поперечні коливання обчисуючого пристрою, амплітуда яких різко зростає при збільшенні швидкості руху та при наявності збурюючого чинника збоку рельєфа поверхні поля [7, 8]. Такі коливання негативно позначаються на стабільності технологічного процесу обчисування рослин та зниженні якісних показників роботи зернозбиральних машин. Тому з

метою покращення динамічних характеристик зернозбиральних комбайнів, обладнаних обчисувальними жниварками, які стабільно працюють на значно вищих швидкостях, ніж серійні комбайни, в даний час проводяться всебічні дослідження можливостей зменшення габаритів та металоемності конструкцій обчислюючих пристроїв [5]. Доведено, що в конструктивно-технологічній схемі двобарабанного обчислюючого пристрою така можливість криється у зменшенні діаметра бітера-відбивача [9].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В роботах [9, 10] показано, що при зменшенні діаметра бітера-відбивача до 380-450 мм не відбувається погіршення показників ефективності роботи обчислюючих пристроїв, а деякі з них навіть покращились в наслідок підвищення їх динамічної стійкості та зменшення енерговитрат на технологічний процес обчисування рослин на корені.

Проте в літературі відсутні дані про результати досліджень аеродинамічного поля в робочій камері обчислюючого пристрою зі зменшеним діаметром бітера-відбивача. Хоча раніше проведеними дослідженнями [1, 11, 12] доведено, що аеродинамічне поле в робочій камері обчислюючих пристроїв відіграє важливу роль як в здійсненні обчисування рослин на корені, так і в забезпеченні повного збору продуктів обмолоту. В [12] наведені результати досліджень характеристик аеродинамічного поля, яке утворюється двома барабанами, що мають однакові діаметри і однакові частоти обертання.

Тому мета наших досліджень полягала у визначенні характеристик аеродинамічного поля в робочій камері двобарабанного обчислюючого пристрою зі зменшеним діаметром бітера-відбивача в залежності від частоти обертання обчисувального барабану.

Дослідження проводились в лабораторних умовах на дослідній установці (рис. 1), основні робочі органи якої за своїми параметрами не відрізнялися від натурального польового зразку двобарабанного обчислюючого пристрою [10]. Діаметри обчисувального барабану і бітера-відбивача в досліді залишалися незмінними і дорівнювали 700 та 400 мм відповідно.

Для визначення швидкості повітряного потоку в характерних зонах (S_0 , S_1 , S_2 , S_3 , S_4 та окремих точках, рис. 1) робочої камери проводилися заміри динамічного напору повітря за допомогою мікроманометра ММН-240, в комплект якого входили пневмометричні трубки Піто-Прандтля. За отриманими даними визначались значення швидкості повітряного потоку згідно відомих методик [13]. Дослідні дані опрацьовувалися математичними методами з використанням програмного пакету PASW Statistics 18.

На першому етапі досліджень на лабораторній установці (рис. 1) був проведений багатофакторний експеримент типу 2^3 у відповідності з табл. 1. За параметр оптимізації обрана швидкість повітряного потоку (Y) у характерних областях робочої камери обчислюючого пристрою: точки 53 і 52, які належать області найбільш активної взаємодії робочих органів обчисувального барабану та бітера-відбивача при обчисуванні рослин на корені (рис.1), а також переріз S_1 робочої камери через точки 49, 11 і 12, який охоплює зону високої ймовірності зіткнень потоків зернового вороху від обчисувального барабану та від бітера-відбивача.

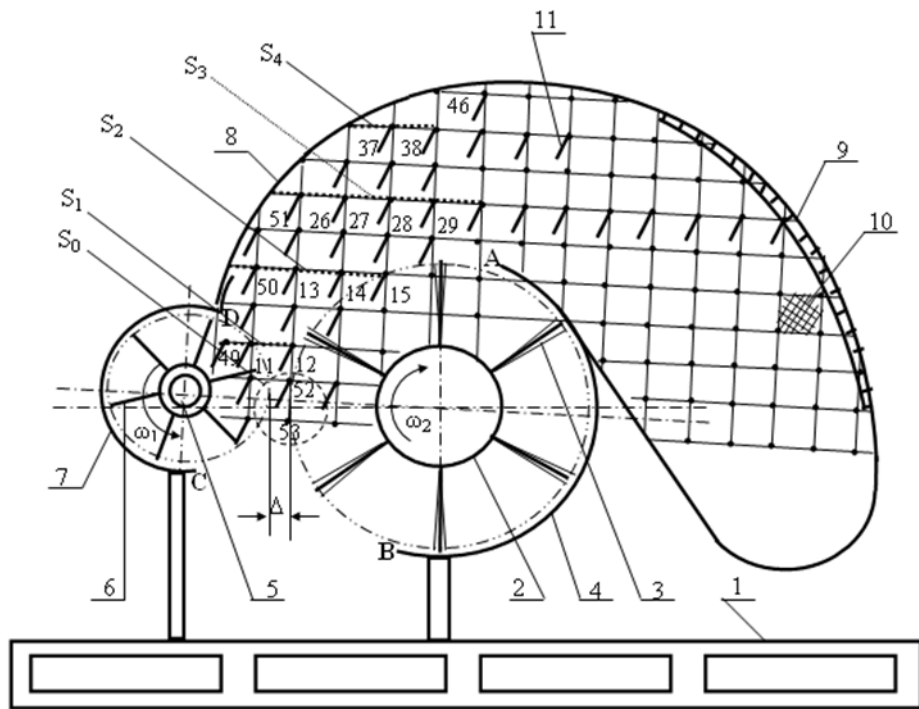


Рис. 1. Схема лабораторної установки:

1 – рама; 2 – обчисувальний барабан; 3 – робочі органи обчисувального барабану; 4 – задній кожух обчисувального барабану; 5 – бітер-відбивач; 6 – робочі органи бітера-відбивача; 7 – передній кожух бітера-відбивача; 8 – верхній кожух робочої камери; 9 – сітчасте вікно для виходу повітря; 10 – масштабна сітка з квадратами 10×10 см; 11 – флюгарки.

Таблиця 1 План МФЕ типу 2 по вивченню аеродинамічного поля в робочій камері двобарабанного обчисувального пристрою

Досліджувані фактори	Рівень значень факторів			Шаг
	Нульовий (0)	Верхній (+1)	Нижній (-1)	
Зазор між бітером-відбивачем та обчисувальним барабаном (Δ , мм), X1	60	90	30	30
Частота обертання бітера-відбивача (n_1 , об./хв.), X2	800	900	700	100
Частота обертання обчисувального барабану (n_2 , об./хв.), X3	600	700	500	100

За результатами статистичної обробки дослідних даних для вказаних точок 53, 52 та перерізу S_1 отримані відповідні рівняння регресії у кодованих змінних:

$$Y_1 = 12,39 - 2,09 \cdot x_1 + 1,18 \cdot x_2 + 1,20 \cdot x_3 - 1,08 \cdot x_1 \cdot x_2 + 0,299 \cdot x_1 \cdot x_3; \quad (1)$$

$$Y_2 = 14,565 - 1,603 \cdot x_1 + 0,903 \cdot x_2 + 1,70 \cdot x_3 + 0,67 \cdot x_1 \cdot x_3; \quad (2)$$

$$Y_3 = 9,88 + 0,391 \cdot x_1 + 0,691 \cdot x_2 + 0,569 \cdot x_3 \quad (3)$$

Ці рівняння відповідають умові адекватності за критерієм Фішера, тому вони були використані в подальшому аналізі впливу дослідженої сукупності факторів (Δ , n_1 , n_2) на параметр оптимізації (Y).

Встановлено, що в зоні обчісування (точки 53 і 52, рис.1) швидкість повітряного потоку визначається, в першу чергу, величиною зазору між барабаном і бітером-відбивачем (фактор X_1) і частотою обертання обчісувального барабану (фактор X_3), а потім частотою обертання бітера-відбивача (фактор X_2). Інтенсивність і характер впливу цих факторів на параметр оптимізації визначаються числовими значеннями та знаками відповідних коефіцієнтів у рівняннях регресії. З'ясовано, що при $X_1 = -1$ ($\Delta = 30$ мм), $X_2 = +1$ ($n_1 = 900$ об./хв.) і при $X_3 = +1$ ($n_2 = 700$ об./хв.) швидкість повітряного потоку в зоні обчісування (у точках 53 та 52) набуває максимального значення: $Y_1 = 17,64$ м/с і $Y_2 = 18,10$ м/с відповідно, що значно перевищує швидкість витання зерна (6–12 м/с). У перерізі S_1 через точки 49, 11 і 12 (рис. 1) робочої камери, в зоні високої ймовірності зіткнень потоків зернового вороху, швидкість повітряного потоку, при вказаних значеннях факторів, становить $Y_3 = 10,75$ м/с, що майже збігається з верхньою межею швидкості витання зерна. Іншими словами, в цій зоні утворюється надійний «повітряний затвір», який перешкоджає падінню зерна униз після їх можливих зіткнень, а значить сприяє зниженню втрат зерна при обчісуванні. Крім того, швидкісний вертикальний повітряний потік в зоні обчісування забезпечує вертикальне положення суцвіть, що позитивно позначається на якості їх обмолоту з високим виходом вільного зерна [11].

На другому етапі досліджень вивчалися характеристики аеродинамічного поля в різних зонах (S_0, S_1, S_2, S_3, S_4 та в окремих точках, рис. 1) робочої камери обчісувального пристрою. Вплив на ці характеристики частоти обертання обчісувального барабану (n_2) досліджувався при фіксованих значеннях двох інших факторів ($\Delta = 60$ мм; $n_1 = 700$ об./хв.), які були прийняті з урахуванням результатів польових випробувань дослідного зразка обчісувального пристрою з бітером-відбивачем діаметром 400 мм [10]. Параметр n_2 в досліді змінювався в межах 500-800 об./хв. з шагом 100 об./хв.

Результати досліджень показали, що в зоні обчісування (S_0) швидкість повітряного потоку знаходиться в дуже тісному позитивному кореляційному зв'язку з частотою n_2 обертання обчісувального барабану, характер впливу на цей показник параметру n_2 відображує рис. 2.

Так, для точки 53 коефіцієнт кореляції $r = 0,938$; для точки 52 $r = 0,878$; для всієї області S_0 $r = 0,921$. Отже зона обчісування за аеродинамічними характеристиками виявляється найбільш чутливою до змін частоти обертання обчісувального барабану, які можуть бути зумовлені, наприклад, нерівномірністю густоти стеблостою вздовж гона комбайну [14].

В зоні найбільш імовірного зіткнення зернових потоків (S_1), яку представляють точки 49, 11 і 12 (рис. 1), швидкість повітряного потоку корелює з параметром n_2 дещо інакше у порівнянні з попередньою зоною S_0 . Для точки 12, яка найближче розташована до обчісувального барабану, коефіцієнт кореляції $r = 0,973$ виявився найвищим з усіх значень, що спостерігались в даних дослідженнях. В точці 11, що знаходиться приблизно посередині над зоною обчісування, коефіцієнт кореляції залишився позитивним, але помітно зменшився до $r = 0,685$. На відміну від вказаних точок, для точки 49, яка знаходиться найближче до бітера-відбивача,

коефіцієнт кореляції набув від'ємного значення $r = -0,484$, що засвідчило, принаймні, мінливий характер впливу n_2 на швидкість повітряного потоку в цій точці. Для всієї ж області S_1 коефіцієнт кореляції $r = 0,783$ свідчить про наявність тісної позитивної кореляції між досліджуваними параметрами. Виявлені особливості впливу частоти обертання обчисувального барабану на розподіл швидкості повітряного потоку в зазначеній області робочої камери підтверджуються графіками, наведеними на рис. 3.

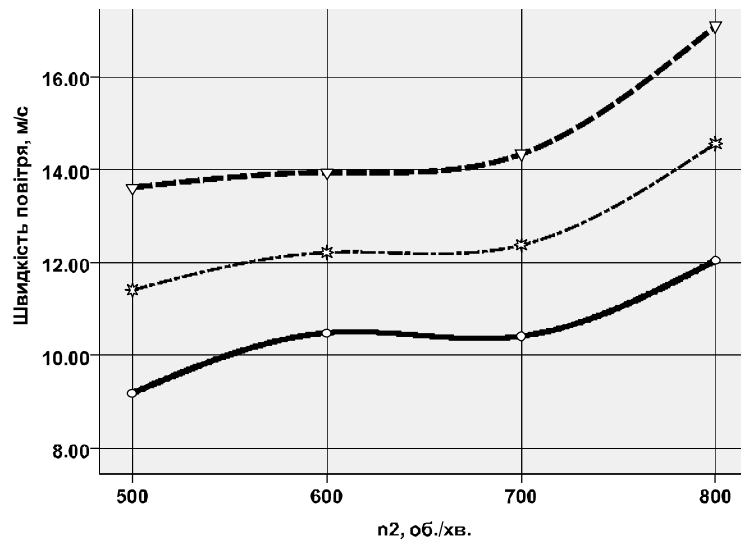


Рис. 2. Залежність швидкості повітряного потоку від частоти обертання барабану в зоні обчисування (S_0): — - точка 53; — — - точка 52; — · — - середнє значення.

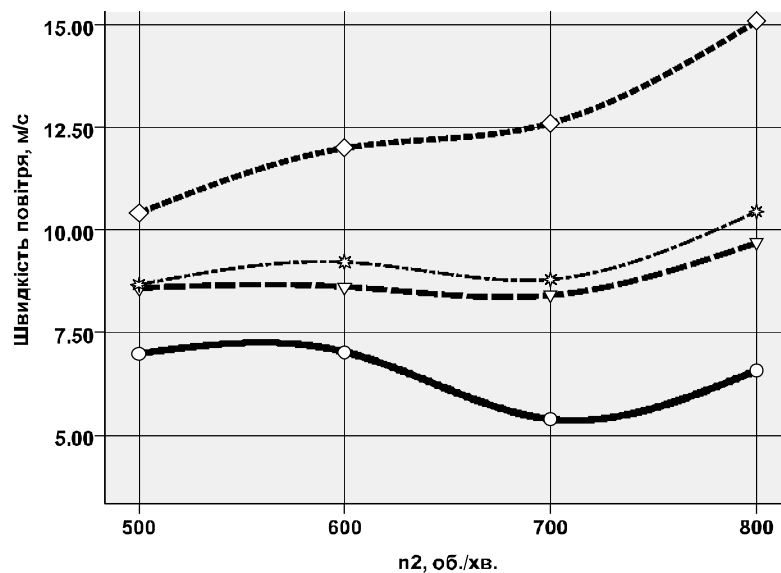


Рис. 3. Залежність швидкості повітряного потоку від частоти обертання обчисувального барабану в зоні високої ймовірності зіткнення потоків зернового вороху (S_1): — — — - точка 49; — — — - точка 11; ····· - точка 12; — · — - середнє значення.

В зоні впорядкованого потоку зернового вороху (S_2), яка представляється точками 50, 13, 14 і 15, що розташовані по висоті на рівні верхньої границі обчисувального барабану (рис. 1), посилюється мінливий характер залежності швидкості повітряного потоку від частоти обертання обчисувального барабану

(рис. 4). Область нестабільності впливу параметру n_2 на швидкість аеродинамічного потоку найбільш виражена в точках 50 ($r = -0,745$) і 13 ($r = -0,077$). Для точок 14 і 15, навпаки, характерна позитивна кореляційна залежність між даними параметрами ($r = 0,664$ і $r = 0,885$ відповідно).

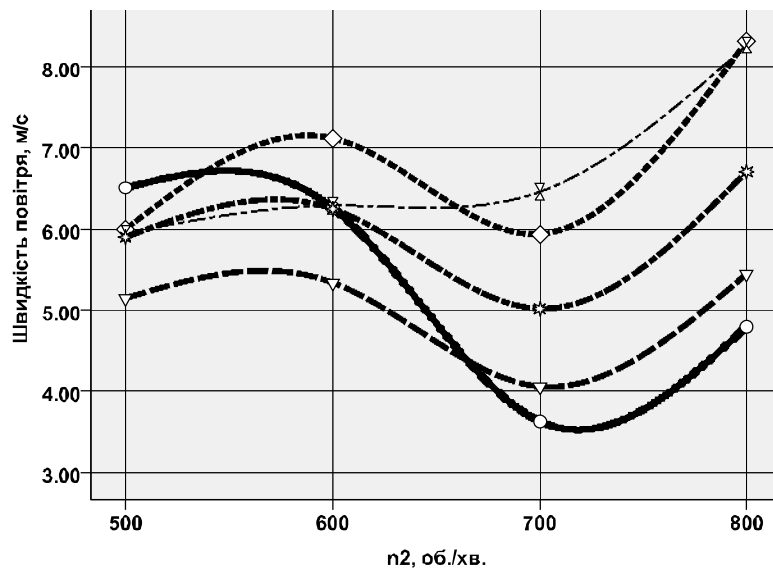


Рис. 4. Залежність швидкості повітряного потоку від частоти обертання обчисувального барабану в зоні утворення впорядкованого потоку зернового вороху (S_2):
 — точка 50; — — точка 13; ····· точка 14; - · - · точка 15; — — — — середнє значення.

Зона S_3 , яку представляють точки 51, 26, 27, 28 і 29 (рис. 1), що розташована над обчисувальним барабаном, характеризується найменш вираженою спорідненістю залежностей швидкостей повітряних потоків у вказаних точках від частоти обертання барабану (рис. 5).

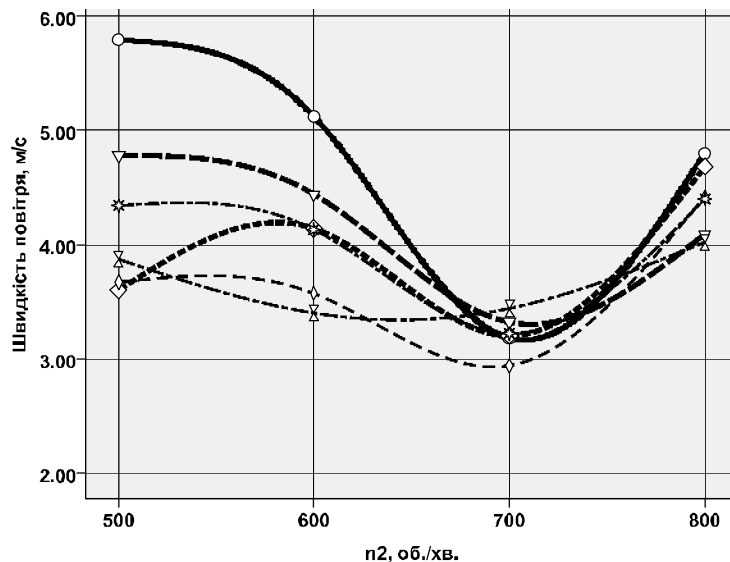


Рис. 5. Залежність швидкості повітряного потоку від частоти обертання барабану в зоні помірної турбулентності потоку (S_3):
 — -точка 51 ($r = -0,572$); — — - точка 26 ($r = -0,659$); ····· - точка 27 ($r = 0,461$);
 - · - · - точка 28 ($r = 0,204$); - - - - точка 29 ($r = 0,345$); — — — — середнє значення ($r = -0,172$).

Швидкість повітряного потоку в зоні S_4 , яка представлена точками 37 і 38 та розташована в найвищій області робочої камери, має виразну тенденцію до зниження при збільшенні частоти обертання обчисувального барабану (рис. 6). Це пояснюється зростанням в ній турбулентності за рахунок зіткнень висхідного потоку та потоку, відбитого задньою поверхнею камери, який не встиг проникнути через сітчасте вікно 9 (рис. 1) назовні.

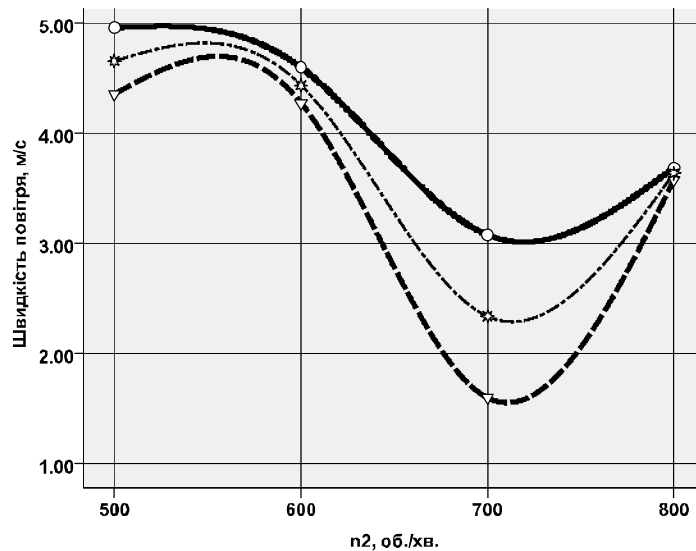


Рис. 6. Залежність швидкості повітряного потоку від частоти обертання обчисувального барабану в зоні високої турбулентності потоку (S_4):

— - точка 37 ($r = -0,804$); - - - - точка 38 ($r = -0,504$);
 - . - - - середнє значення ($r = -0,635$).

Загальну картину аеродинамічного поля та зміну середньої швидкості повітряного потоку в робочій камері обчисуючого пристрою характеризують дані, що наведені на рис. 7, 8 і в табл. 2.

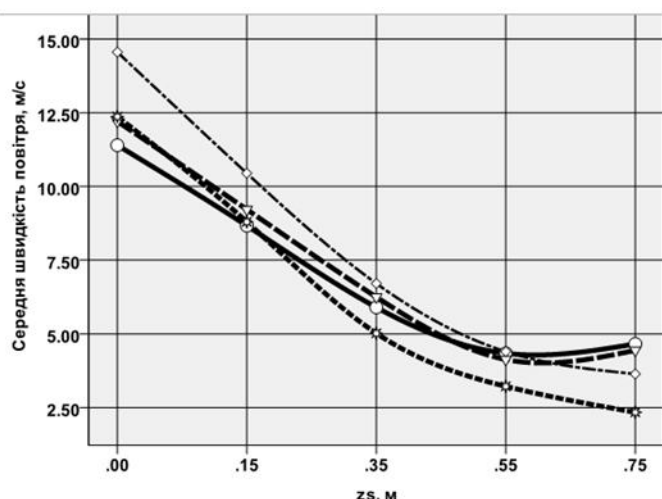


Рис. 7. Зміна середньої швидкості потоку V_z по висоті над віссю обчисувального барабану:

— - 500 об./хв.; - - - - 600 об./хв.; ■■■ - 700 об./хв.;
 - . - - - 800 об./хв.

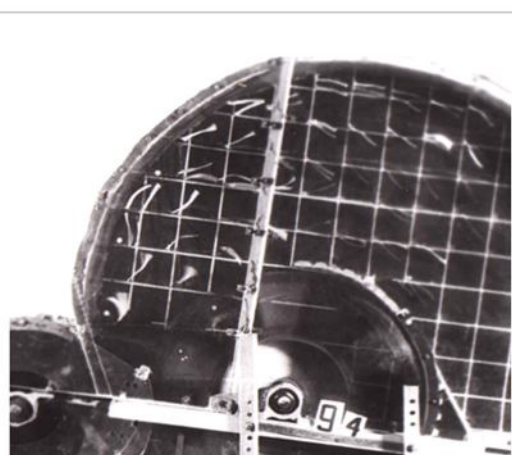


Рис. 8. Картина розподілу повітряного потоку в робочій камері ($\Delta = 60$ мм; $n_1 = 700$ об./хв.; $n_2 = 500$ об./хв.)

Таблиця 2 Мінливість швидкості повітряного потоку в об'ємі робочої камери для різних режимів роботи обчисувального барабану

Статистичні показники	$n_2 = 500$ об./хв.	$n_2 = 600$ об./хв.	$n_2 = 700$ об./хв.	$n_2 = 800$ об./хв.
Середнє значення, м/с	6,99	7,25	6,35	7,95
Стд. похибка середнього, м/с	1,340	1,535	1,869	2,033
Стд. відхилення, м/с	2,996	3,432	4,178	4,546
Розмах, м/с	7,06	8,08	10,03	10,92
Мінімум, м/с	4,34	4,13	2,34	3,64
Максимум, м/с	11,40	12,21	12,37	14,56
Коефіцієнт варіації, %	42,8	47,3	65,8	57,2

Висновки. 1. За встановленими характеристиками аеродинамічне поле в робочій камері двобарабанного обчисуючого пристрою зі зменшеним діаметром бітера-відбивача обґрунтовано вважається сприятливим зовнішнім фізичним фактором, який підвищує стабільність протікання технологічного процесу обчисування рослин на корені та збору продуктів обмолоту. 2. В зоні обчисування рослин середня швидкість вертикального повітряного потоку в залежності від частоти обертання обчисувального барабану знаходиться в межах 11,4–14,6 м/с, що перевищує швидкість витання зерна та забезпечує підтримку суцвіть у вертикальному положенні під час їх обмолоту на корені. 3. Безпосередньо над зоною обчисування утворюється висхідний аеродинамічний потік, швидкість якого становить 8,7–10,4 м/с, що суттєво полегшує транспортування продуктів обмолоту і сприяє зниженню втрат зерна при обчисуванні рослин на корені. 4. За недостатньої ефективної площі перерізу вихідного вікна, що знаходиться на задній поверхні робочої камери, породжується зворотній від неї потік, який зіткається з висхідним потоком. Це зумовлює зростання турбулентності аеродинамічного потоку у верхній, над обчисувальним барабаном, зоні робочої камери, що погіршує умови транспортування продуктів обмолоту в ній.

Список використаних джерел

1. Шабанов П.А. Механико-технологические основы обмолота зерновых культур на корню: дис...д-ра техн. наук : 05.20.01 / П.А. Шабанов; Мелітопольський інститут механізації сільського господарства. – Мелітополь, 1988. – 353 с.
2. Шабанов П.А. Отраслевая научно-техническая лаборатория зерноуборочных машин Таврической агротехнической академии (краткий исторический обзор) / П.А.Шабанов, Н.Н. Данченко // Перспективні технології збирання зернових культур, рису та насіння трав: матеріали міжнар. конф., (Мелітополь, 11-14 черв. 2003р.) / М-во аграр. політики, Тавр. держ. агротех. акад. - Праці ТДАТА. – Мелітополь: Таврійська державна агротехнічна академія, 2003.– Вип. 16.– С. 5–23.
3. Погорельий Л.В. Колосоуборки – «стрипперы-очесыватели» –

- фатаморганна или новая ера в зерноуборке? / Л.В. Погорелый, С.Н. Коваль // Перспективні технології збирання зернових культур, рису та насіння трав: матеріали міжнар. конф., (Мелітополь, 11-14 черв. 2003р.) / М-во аграр. політики, Тавр. держ. агротех. акад. - Праці ТДАТА. – Мелітополь: Таврійська державна агротехнічна академія, 2003.– Вип. 16.– С. 31–57.
4. Дранишников А. Галлы на уборке / А. Дранишников // Зерно. – 2007. – № 9. – С. 92–98.
 5. Сысолин П. Проблемы и перспективы внедрения в Украине технологии уборки зерновых колосовых культур методом очесывания колосков / П. Сысолин, И. Иваненко // Техника АПК. – 2008. - № 5.– С.24–29.
 6. Жукова О. Уборка без проблем / О. Жукова // Агро Профи. – 2010. – № 5. – С. 23.
 7. Данченко Н.Н. Структурно-технологические особенности рисоуборочного комбайна очесывающего типа / Н.Н. Данченко // Перспективні технології збирання зернових культур, рису та насіння трав: матеріали міжнар. конф., (Мелітополь, 11-14 черв. 2003р.) / М-во аграр. політики, Тавр. держ. агротех. акад. - Праці ТДАТА. – Мелітополь: Таврійська державна агротехнічна академія, 2003.– Вип. 16.– С. 66–72.
 8. Резаеи Аса Аббас. Способы уменьшения колебаний комбайна при движении: автореф. дис. на соиск. уч. степ. канд. физ.-мат. наук.: спец. 01.02.01 «Теорет. механика» / А. А. Резаеи ; МГУ. – М., 2006. – 22с.
 9. Машков А.М. Обоснование параметров битера-отражателя очесывающего устройства для обмолота зерновых культур на корню: дис...канд. техн. наук: 05.20.01 / А.М. Машков ; Крымский гос. аграрный ун-т. – Симф., 2002. – 159 с.
 10. Стоев Н.Ф. Влияние параметров битера-отражателя на качество работы очесывающего устройства /Н.Ф. Стоев // Перспективні технології збирання зернових культур, рису та насіння трав: матеріали міжнар. конф., (Мелітополь, 11-14 черв. 2003р.) / М-во аграр. політики, Тавр. держ. агротех. акад. - Праці ТДАТА. – Мелітополь: Таврійська державна агротехнічна академія, 2003.– Вип. 16.– С. 159 – 165.
 11. Гончаров Б.И. Исследование рабочего процесса очесывающего устройства для обмолота риса на корню с целью уменьшения потерь зерна: дис. канд. техн. наук : 05.20.01 / Б.И. Гончаров. – М., 1982 – 217 с.
 12. Голубев И.К. Обоснование основных параметров и режимов работы двухбарабанного устройства для очеса риса на корню: дис...канд. техн. наук : 05.20.01 / И.К. Голубев. – М., 1989. – 201с.
 13. Краснов Н.Ф. Прикладная аэродинамика / Н.Ф. Краснов. – М.: Высшая школа. – 1974. – 732 с.
 14. Стоев М.Ф. До проблеми оптимізації динамічних характеристик обчисувального пристрою рисозбирального комбайна / М.Ф. Стоев, М.М. Данченко // Техніка сільськогосподарського виробництва. Праці ТДАТА. – Мелітополь: Таврійська державна агротехнічна академія, 1997. – Вип. 1. – С. 86 – 88.

Аннотация

ХАРАКТЕРИСТИКА АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО ПОЛЯ В РАБОЧЕЙ КАМЕРЕ ДВУХБАРАБАННЫХ ОЧЁСЫВАЛЬНОГО УСТРОЙСТВА ЗЕРНОУБОРОЧНОЙ МАШИНЫ

Стоев Н.Ф., Данченко Н.Н..

В статье рассмотрены основные характеристики аэродинамического поля в важных зонах рабочей камеры двухбарабанного очёсывающего устройства с учетом влияния на них частот вращения очёсывающего барабана и битера-отражателя, а также зазора между их рабочими органами. Определена область рациональных значений этих факторов применительно к использованию аэродинамического поля для улучшения условий очёсывания растений на корню и сбора зернового вороха.

Abstract

THE CHARACTERISTICS OF THE AERODYNAMIC FIELD IN THE WORKING CHAMBER OF DOUBLED RUM STRIPPING DEVICE OF GRAIN HARVESTER.

N.F. Stoev, N.N. Danchenko

The article describes the main characteristics of the aerodynamic field in the important areas of working chamber of double-drum stripping device providing the influence of rotation speed rates of stripping cylinder and beater-reflector as well as the gap between their working elements. The range of rational values for these factors has been designated in using aerodynamic field in order to improve the technological conditions of plants stripping and harvesting the grain thrashed heap.

УДК 631.313.02:621.891

ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ ЗМІНИ ПРОФІЛЮ ЛЕЗА РОБОЧИХ ОРГАНІВ ДИСКОВИХ ГРУНТООБРОБНИХ ЗНАРЯДЬ

К.В. Борак, аспірант

Житомирський національний агроекологічний університет

Приведені результати експлуатаційних досліджень динаміки зміни конфігурації леза серійних та зміцнених робочих органів дискових ґрунтообробних знарядь.

Постановка проблеми. В структурі парку сільськогосподарських машин України дискові ґрунтообробні знаряддя займають близько 40% від загальної їх кількості [1]. Причому, якість їх роботи в значній мірі залежить від конструктивних параметрів дискових робочих органів та умов роботи. Як

відомо, в процесі роботи номінальні розміри диска, в результаті спрацювання, зазнають змін, що значно впливає на якість виконання технологічного процесу [2]. Особливо швидко в процесі роботи відбувається зміна кута заточки леза диска, що в свою чергу погіршує якість перерізання рослинних решток, зменшує глибину обробітку ґрунту та збільшує тяговий опір агрегату в цілому [3].

Аналіз останніх досліджень. В процесі різання дисковими робочими органами лезо входить в ґрунт при великому питомому навантаженні на ріжучу кромку. При таких умовах роботи відбувається бистре затуплення лез робочих органів в результаті чого машина швидко втрачає роботоздатність [4].

Дослідженнями автором [3, 5] встановлено 4 умови самозаточування робочих органів ґрунтообробних машин:

1. Радіус затуплення R ріжучої кромки в процесі роботи леза не повинен перевищувати допустимого R_d , обумовлений нормальним протіканням технологічного процесу різання робочої маси.

2. Товщина несучого шару δ_n повинно бути мінімально можливою, для забезпечення необхідної міцності твердого шару:

$$\delta_n = \delta_t K_n \quad (1)$$

де K_n – коефіцієнт міцності твердого шару, який може, в залежності від властивостей ґрунту і твердого сплаву, змінюватись в широкому діапазоні (для лез наплавлених сормайтотом $K_n = 1,0 \dots 1,8$)

3. Твердість твердого шару H_t повинна бути в відповідному співвідношенні з твердістю несучого шару:

$$H_t = K H_n \quad (2)$$

де K – коефіцієнт, який залежить від абразивних властивостей ґрунту ($K = 1,2 \dots 2,8$)

4. Зміцненню, як правило, повинна підлягати та грань леза, яка піддається найменшому зношенню. Якщо ця умова не буде виконуватись то інтенсивність зношування твердого і м'якого шару вирівнюється, що неминуче призведе до затуплення леза. В деяких випадках зміцнення проводять з іншої сторони леза для використання на супіщаних і піщаних ґрунтах.

В роботі [6] висловлюється сумнів, що до коректності формулювання 4-ої умови самозаточування. В США та Канаді для деяких ґрунтово-кліматичних зон (супіщані та піщані ґрунти) застосовують наплавку на поверхню яка інтенсивніше зношується [3].

Чотири умови самозаточування автором [3, 5] були встановлені в результаті дослідження процесу зношування лемешів та лап культиваторів. Виходячи з цього необхідно провести дослідження процесу зношування дискових робочих органів для уточнення умов самозаточування

Дослідження автора [7] показали, що ефект самозаточування сферичних дисків відбувається коли твердий шар розміщений з внутрішньої сторони диска, а диск заочується з зовнішньої сторони. Автором [8] навпаки рекомендується наплавляти диск з зовнішньої сторони, а заточування

проводити з внутрішньої. Дане питання потребує подальших досліджень.

Для підвищення ресурсу дискових робочих органів необхідно також врахувати і кут заточки зміцнених дисків, ат же при куті заточки 15-17° спостерігається через мірний виступ твердого шару і обломлювання його. Найбільш оптимальним для двошарових дисків є кут заточки 28-30°. При такому куті профіль леза диска в процесі роботи мало відрізняється від початкового [8].

Мета досліджень. Встановити закономірності динаміки зміни профілю леза серійних та зміцнених робочих органів дискових ґрунтообробних знарядь. Результати дослідження.

Дослідження процесу зношування профілю леза робочих органів дискових ґрунтообробних знарядь проводили в умовах корпорації «Сварог Вест Груп» Шепетівського району Хмельницької області.

Для дослідження використовувались диски:

- серійні виготовлені зі сталі 65Г;
- диски виготовлені зі сталі 65Г з об'ємним загартуванням 810...830°C і середнім відпуском з дуже точною витримкою при температурі 460...480 °C (спосіб рекомендовано автором 8);
- серійні диски виготовлені зі сталі 28MnB5;
- диски виготовлені зі сталі 65Г та зміцнені електродом Т-590;
- диски виготовлені зі сталі 65Г та зміцнені методом електроерозійної обробки з одночасним заточуванням (кут заточки 17°);
- диски виготовлені зі сталі 65Г та зміцнені методом електроерозійної обробки з одночасним заточуванням (кут заточки 30°);
- серійні диски виготовлені зі сталі 45.

Характер зміни конфігурації леза визначали за допомогою виконання відбитків зуба, які в подальшому розрізались і фотографувалися. Перпендикулярний розріз дозволяв слідкувати за зміною конфігурації леза та за зміною кута заточки леза (рис.2).

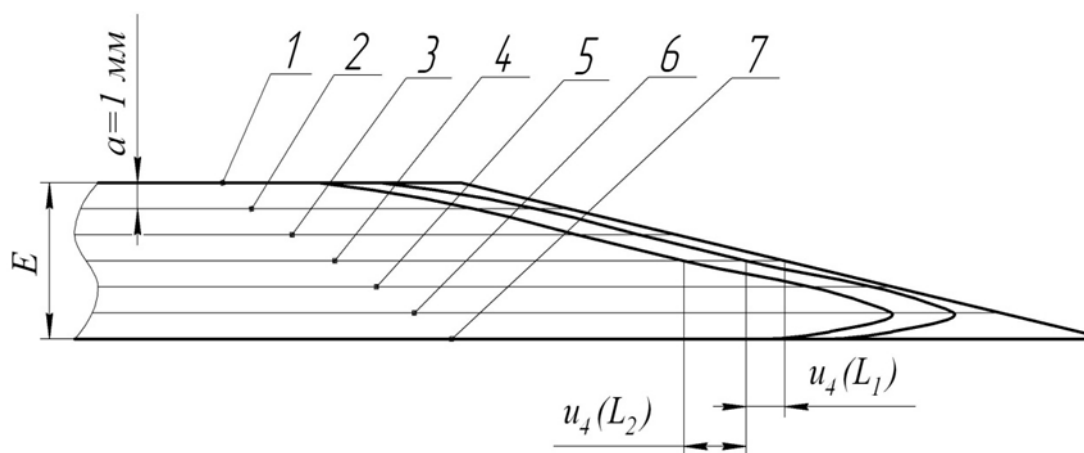


Рис. 2 Схема спостереження за зміною конфігурації леза та визначення величини лінійного зносу: E – товщина диска, u – інтенсивність лінійного зносу, a – відстань між лініями проведення замірів

Фото конфігурації леза зміцненого методом електроерозійної обробки після напрацювання 60 га на один диск представлено на рис. 3.



Рис. 3 Загальний вигляд перпендикулярного перерізу відбитка леза дискового робочого органу зміцненого електроерозійним методом (напрацювання 60 га).

Результати спостереження за динамікою зміни конфігурації леза наведені в таблиці 2.

Для дисків виготовлених зі сталі 45 в процесі експлуатації виконували операцію заточування при напрацюванні 30 та 60 га. Таку ж операцію виконували і для дисків виготовлених зі сталі 65Г та для дисків зі сталі 65Г з об'ємним загартуванням 810...830°C і середнім відпуском з дуже точною витримкою при температурі 460...480 °C при напрацюванні 60 га.

Диски виготовлені з виготовлені зі сталі 28MnB5 в процесі експлуатації починають затуплюватись при напрацюванні 120 га на один диск.

У дисків зміцнених методом електроерозійної обробки з кутом заточки 17° спостерігалось через мірне виступання твердого шару і його обломлювання для зубів які в процесі експлуатації взаємодіяли з камінням.

Диски зміцнені електродом Т-590 починали затуплюватись при напрацюванні 90 га на один диск.

Найбільш оптимальним виявився спосіб зміцнення електроерозійною обробкою з кутом заточки 30°. При такому куті в процесі експлуатації лезо самозаточується до граничного зносу диска .

Висновки. Зміцнення електроерозійною обробкою робочих органів дискових ґрунтообробних знарядь підвищує зносостійкість диска та сприяє самозаточування його леза.

Таблиця 2 Динаміка зміни конфігурації леза

Диски	Напряцювання, га					
	0	30	60	90	120	150
Диски виготовлені зі сталі 65Г та зміцнені методом електроерозійної обробки (кут заточки 30°)						
Диски виготовлені зі сталі 65Г та зміцнені електродам Т-590						
Диски виготовлені зі сталі 65Г та зміцнені методом електроерозійної обробки (кут заточки 17°)						
Диски фірми Vellota (Іспанія) виготовлені зі сталі 28MnB5						
Диски виготовлені зі сталі 65 Г з одємним загартуванням 810. 830 °С і середнім відпускомз дуже точною витримкою при температурі 460.480 °С						
Серійні диски виготовлені зі сталі 65 Г						
Серійні диски виготовлені зі сталі 45						

Список використаних джерел

1. Дудак С.М. Дискові ґрунтообробні знаряддя: основні параметри та особливості / С.М. Дудак // Механізація та електрифікація сільського господарства. – К.: 2007. – Вип. 91. – С. 368-371.
2. Синеоков Г.П. Теория и расчёт почвообрабатывающих машин / Г.П. Синеоков., И.М. Панов. – М.: Машиностроение, 1977. – 328с.
3. Ткачев В.Н. Работоспособность деталей машин в условиях абразивного изнашивания / В.Н. Ткачев. – М.: Машиностроение, 1995. – 336с.
4. Методы повышения долговечности деталей машин. / В.Н. Ткачев, Б.М. Фиштейн, В.Д.Власенко, В.А. Уланов. – М.: Машиностроение, 1971. – 271 с.
5. Ткачев В.Н. Износ рабочих органов почвообрабатывающих машин и некоторые методы увеличения срока их службы: автореф. дис. на присвоение научной степ. доктора. техн. наук / В.Н. Ткачев. – Ростов-на-Дону, 1964. – 19 с.
6. Бобрицький В.М. Підвищення зносостійкості різальних елементів робочих органів ґрунтообробних машин: дис. кандидата технічних наук: 05.02.04 / Бобрицький Віталій Миколайович. – К., 2007. -183 с.

7. Стрельбицкий В.Ф. Дисковые почвообрабатывающие машины. / В.Ф. Стрельбицкий – М.: Машиностроение, 1978. – 135с.
8. Сидоров С.А. Совершенствование конструкции и упрочнение дисковых рабочих органов. / С.А. Сидоров // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – М.: 2003 г. – Вып. 8 – С. 30-32

Аннотация

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ИЗМЕНЕНИЯ ПРОФИЛЯ ЛЕЗВИЯ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ДИСКОВЫХ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ ОРУДИЙ

К.В. Борак

Приведены результаты эксплуатационных исследований динамики изменения конфигурации лезвия серийных и упрочненных рабочих органов дисковых почвообрабатывающих орудий.

Abstract

RESEARCH OF DYNAMICS OF CHANGE OF TYPE OF BLADE OF WORKINGS ORGANS OF DISK GRUNTOOBROBNIKH INSTRUMENTS

K. Borak

The results of operating researches of dynamics of change of configuration of blade of serial and fixed workings organs of disk soil-cultivating instruments.

УДК 633.63:631.35

МЕТОДИКА ТА ЗАСОБИ ЛАБОРАТОРНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ПРОЦЕСУ ВІДОКРЕМЛЕННЯ ГИЧКИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИМИ РОБОЧИМИ ОРГАНАМИ

В.М. Булгаков д.т.н., чл.-кор.НААН, А.М. Борис, аспірант

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Проведено аналіз методів і технічного забезпечення процесу відокремлення гички експериментальними робочими органами. Розроблено установку та методику дослідження в лабораторних умовах процесу відокремлення гички від коренеплодів з різними агрофізичними параметрами. Конструкцією установки передбачено можливість моделювання в широкому діапазоні основних агрофізичних характеристик посіву, конструктивно-технологічних параметрів і режимів роботи робочих органів.

Постановка проблеми. При створенні нових робочих органів для відокремлення гички від коренеплодів виникає проблема вибору методики та засобів експериментальних досліджень необхідних для вивчення процесу в

цілому, а також для підтвердження достовірності математичних моделей робочого органу та процесу.

Вивчення впливу конструктивно-технологічних параметрів робочих органів в польових умовах надзвичайно трудомісткий процес. Тому удосконалення існуючих та розробка нових менш трудомістких методик і засобів лабораторних досліджень процесу відокремлення гички експериментальними робочими органами в лабораторних умовах є важливим науково-практичним завданням.

Аналіз останніх досліджень. З метою визначення конструкції лабораторної установки для досліджень процесу відокремлення гички необхідно визначити основні види операцій та робочих органів, які використовуються в процесі підготовки коренеплодів до викопування. Аналізуючи роботи Л.В. Погорілого, В.М. Булгакова, М.М. Зуєва, Р.Б. Гевка, В.Я. Мартиненка, М.М. Хелемендика, С.В. Синього, М.Г. Березового та ін. встановлено [1-10], що на сучасному етапі при видаленні гички можуть проводитись наступні операції:

- відокремлення основної маси гички шляхом зрізу гички на коренеплоді, що росте, або ударною дією гнучких робочих елементів (дефоліацією);
- виключення шкідливого впливу гички на технологічний процес збирання коренеплодів шляхом: подрібнення гички та розподілення її в рядках і міжряддях або тільки в міжряддях; транспортування гички у транспортний засіб або на зібране поле;
- відокремлення решток гички дообрізанням або очищенням головок коренеплодів.

Кожній із вищенаведених операцій відповідає певний вид робочого органу. Зріз основної маси гички може здійснюватись з копіюванням головок коренеплодів або без їх копіювання шляхом зрізу на фіксованій висоті відносно поверхні ґрунту. Для зрізу переважно використовуються ротори з горизонтальною, вертикальною або нахиленою під кутом до горизонту осями обертання. Видалення гички ударними взаємодіями проводять за допомогою дефоліаторів – роторів з гнучкими елементами. Розподілення гички в міжряддях проходить одночасно з процесами зрізання та подрібнення шляхом застосування направляючих поверхонь у кожусі різального ротора. Також відома практика вдавлення рослинних решток в ґрунт у міжряддях. Для транспортування гички переважно застосовуються шнеки, пруткові транспортери або набір вертикальних шнеків. Видалення рослинних решток із зони міжрядь проводиться з використанням вентиляторного ефекту в роторних гичкорізах з горизонтальною віссю обертання. Очищення головок коренеплодів від решток гички здійснюється роторами з гнучкими робочими органами - очисниками. Найбільш поширені з них лопатеві очисники.

Таким чином для операцій відокремлення гички та її решток переважно використовуються роторні робочі органи для яких характерна зміна таких конструктивно-технологічних параметрів, як діаметр ротора, радіус закріплення робочого елемента, орієнтація робочого елемента відносно напрямку поступального руху машини, кріплення і встановлення робочого елемента до

площини обертання ротора та ін.

Розглянемо методики та засоби експериментальних досліджень, що використовуються при дослідженні процесу видалення гички. Як правило, для всіх досліджень характерно:

- виготовлення експериментальної лабораторно-польової установки, проведення експериментальних досліджень із застосуванням методів планування експерименту з метою обґрунтування параметрів та режимів роботи робочих органів;

- проведення порівняльних випробувань запропонованого та існуючих робочих органів за продуктивністю, енергомісткістю, за вмістом гички у воросі коренеплодів, ступінню очищення від гички, втратами цукроносної маси, пошкодженнями коренеплодів, вибиваннями коренеплодів із ґрунту та ін.

Методика оцінки якості роботи розроблена для польових випробувань робочих органів, але відсутня методика лабораторних досліджень. Оцінка якості роботи гичковидаляючих робочих органів в країнах Західної Європи регламентується Євростандартом, а в Україні ДСТУ 7062:2009 “Буряки цукрові. Збирання. Показники якості та методи їх оцінки” і ДСТУ 2258-93 “Машини бурякозбиральні. Загальні технічні умови”. Показники якості згідно Євростандарту визначаються за місцем проходження площини зрізу на головці коренеплоду і видом зрізу головки коренеплоду, а за ДСТУ 7062:2009 і ДСТУ 2258-93 – втратами цукроносної маси, вмістом гички у воросі коренеплодів та пошкодженнями коренеплодів. Більш універсальною є методика розроблена в ІЦБ УААН, яка охоплює методики вищенаведених стандартів.

Таким чином, на сучасному етапі відсутні конструкції універсальних установок та методики лабораторних досліджень робочих органів для відокремлення основної маси та решток гички. Крім цього, в лабораторних умовах, можливо більш точно виявити вплив окремих факторів на проходження технологічного процесу відокремлення гички.

Мета. Для зниження трудомісткості та розширення обсягу експериментів необхідно розробити конструкцію установки та методику лабораторних досліджень робочих органів для відокремлення основної маси та решток гички. В конструкції лабораторної установки необхідно передбачити:

- моделювання агрофізичних характеристик посівів цукрових буряків;
- можливість застосування при дослідженнях натуральних коренеплодів з різними агрофізичними параметрами;
- зміну в широкому діапазоні конструктивно-технологічних параметрів та режимів роботи робочих органів роторного типу.

На основі методики досліджень якості роботи бурякозбиральних машин, розробленої в ІЦБ УААН, розробити методику лабораторних досліджень процесу відокремлення гички експериментальними робочими органами.

Виклад основного матеріалу дослідження. Розробка конструкції установки та методики лабораторних досліджень робочих органів для відокремлення основної маси та решток гички включає:

- вихідні вимоги до процесу відокремлення гички;

- агрофізичні параметри коренеплодів та посівів моделювання яких можливе в лабораторних умовах;

- лабораторна установка, моделювання вихідних параметрів експериментальних досліджень;

- методика проведення та визначення показників експериментальних досліджень;

- аналіз експериментальних даних;

Вихідні вимоги до процесу відокремлення гички розробимо на основі ДСТУ 2258 - 93, ДСТУ 7062:2009, Євростандарту та методики розробленої в ІЦБ УААН:

Основні показники якості процесу відокремлення гички:

- кількість зв'язаної гички на коренеплодах не більше, % - 1,5;

- нормально зрізані коренеплоди не менше, % - 85;

- низько зрізані коренеплоди не більше, % - 5;

- сильні механічні пошкодження коренеплодів не більше, % - 5;

- загальні пошкодження коренеплодів не більше, % - 20;

- втрати цукроносної маси не більше, % - 2

- зріз головки повинен бути прямим, гладким, без сколів і площина зрізу повинна проходити не нижче рівня основи зелених листків і не вище 20 мм від верхівки головки коренеплоду.

Значне пошкодження коренеплодів - пошкодження глибиною більше 10 мм і сколи до розміру третини коренеплоду. Незначне пошкодження коренеплодів - пошкодження глибиною менше 10 мм або рваний зріз із рваним заглибленням не більше 10 мм. Нормальний зріз - зріз головки коренеплодів не нижче основи зелених листків і не вище 20 мм вище верхівкової бруньки. Високий зріз - зріз коренеплодів вище верхівкової бруньки. Низький зріз - зріз головки коренеплодів нижче основи зелених листків. Поверхня зрізу коренеплоду називається гладкою у випадку гладкої і рівної поверхні, або із сколами та впадинами глибиною менше 10 мм. Коренеплоди із сколото-рваною поверхнею зрізу - коренеплоди із ступінчатою поверхнею зрізу, з наявністю впадин і тріщин глибиною більше 10 мм. Коренеплоди із косим зрізом - коренеплоди з площиною зрізу відхиленою від нормалі до поздовжньої осі коренеплоду на кут більше 10° . Коренеплоди із прямим зрізом - коренеплоди з площиною зрізу перпендикулярною до поздовжньої осі або з відхиленням від її нормалі на кут менший 10° .

Агрофізичні параметри коренеплодів та посівів моделювання яких можливе в лабораторних умовах. В лабораторних умовах доступно змодельовати наступні агрофізичні характеристики посіву: висоту виступання головки коренеплоду над рівнем ґрунту, відхилення коренеплоду від умовної осьової лінії рядка, відстань між коренеплодами в рядку. Проведення експериментальних досліджень плануємо з використанням натуральних коренеплодів, різних за агрофізичними параметрами. Основні розмірні характеристики коренеплоду визначаються згідно рис. 1.

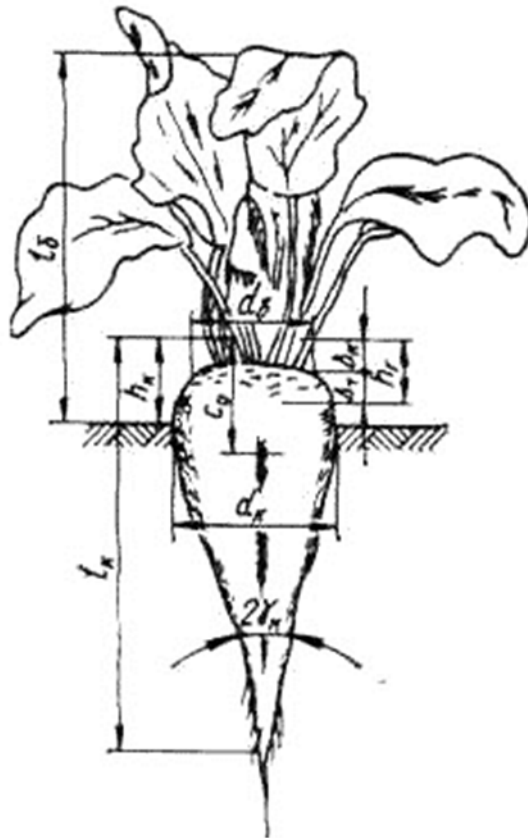


Рис.1- Агрофізичні параметри коренеплоду цукрових буряків:

l_b - висота гички; d_b – діаметр пучка гички; h_k – висота виступання головки коренеплоду над рівнем ґрунту; Δ_k – товщина зони зелених листків; Δ_r – товщина зони сплячих вічок; h_r – висота головки; C – координата центру мас коренеплоду; d_k – максимальний діаметр коренеплоду; l_k – технічна довжина коренеплоду; γ_k – кут конусності нижньої частини коренеплоду.

При вимірюваннях необхідно врахувати особливості визначення нижченаведених показників. Висота гички це є відстань від поверхні ґрунту до вершин основної кількості листових пластинок. Висота зрізаної частини гички - відстань від вершини головки до площини зрізу. Діаметр пучка гички - товщина попередньо зжатої пучка гички на відстані 50 мм від основи зелених листків. Кут конусності гички - максимальне значення кута конуса гички, що утворюють крайні черешки переважної частини гички. Кут конусності гички та головки коренеплоду заміряються спеціальними кутомірами у вертикальній площині.

Лабораторна установка, моделювання вихідних параметрів експериментальних досліджень. Нами розроблено та виготовлену лабораторну установку (рис.2), де передбачено можливість моделювання режимів роботи та конструктивно-технологічних параметрів робочих органів, а також агрофізичних характеристик посівів та параметрів коренеплоду.

Лабораторна установка для дослідження гичковидаляючих робочих органів складається: з основної рами 1 (рис. 2), електродвигуна 3, клинопасової передачі 4, ланцюгово-планчатого варіатора 5, поворотного пристрою 6, конічного редуктора 7 та закріпленого на його валу робочого органу 8; рами

«рухомого поля» 9 (рис.3), механізму приводу рамки «рухомого поля» 10, рамки рухомого поля 11, коренеплоду 12, стійок 13. Механізм приводу рамки «рухомого поля» складається з електродвигуна, барабана для намотування троса, що з'єднаний з рамкою 11.

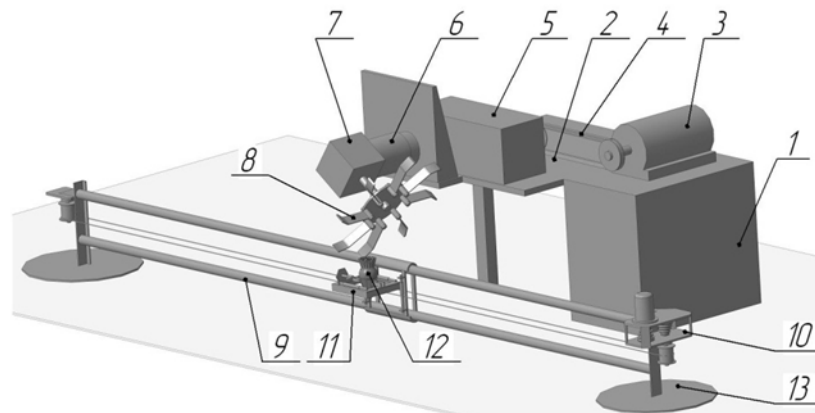


Рис. 2 - Лабораторна установка для дослідження робочих органів

Особливістю конструкції є можливість зміни наступних параметрів: частоти обертання ротора, поступальної швидкості переміщення коренеплоду, кута нахилу ротора до горизонту, кута атаки ротора, відстані між коренеплодами в рядку, відхилення коренеплоду від умовної осьової лінії рядка, висоти виступання головки коренеплоду над умовною поверхнею ґрунту та ін. Для вивчення впливу взаємного розташування коренеплодів передбачена змінна рамка для закріплення трьох коренеплодів, які можуть мати різні розмірно-масові характеристики. Схема керування двигуном 2 передбачає реверсивний режим руху. Керування приводами ротора з робочими органами та «рухомого поля» здійснюється з ящика управління.

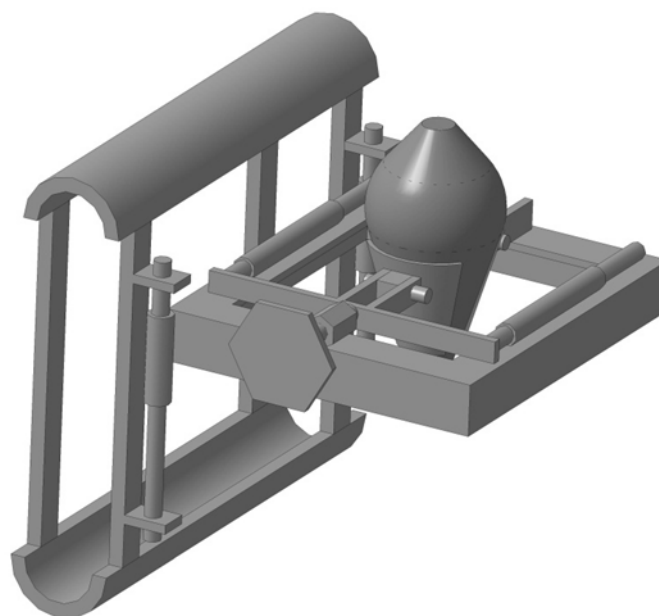


Рис. 2 - Закріплення коренеплоду у рамці «рухомого поля»

Агрофізичні характеристики посівів визначаються згідно рис.4. З врахуванням того, що у всіх роторів в реальних умовах нижні точки розташовуються на рівні поверхні ґрунту, визначимо для лабораторних умов:

- висоту виступання коренеплоду над рівнем ґрунту h_k як відстань від горизонтальної площини, що проходить через крайню нижню точку ротора, до верхівки головки коренеплоду закріпленого у тримачі (рис. 4б);

- відхилення коренеплоду від осьової лінії рядка δ , як відстань між паралельними прямими mn і kc . Пряма mn проходить горизонтально паралельно напрямку руху коренеплоду на рівні поверхні ґрунту через точку дотику ротора з ґрунтом (рис. 4,б). Пряма kc проходить у горизонтальній площині, що відповідає рівню ґрунту через вісь симетрії коренеплоду паралельно напрямку його руху.

Висота виступання головки коренеплоду регулюється переміщенням тримача коренеплоду по вертикальних направляючих рамки «рухомого поля» за допомогою гвинтового механізму (рис. 3). Відхилення коренеплоду від умовної осьової лінії рядка регулюється паралельним переміщенням рухомого поля разом із стійками 12 по опорній поверхні.

З метою вивчення впливу на процес відокремлення гички взаємного розміщення коренеплодів, на рамку «рухомого поля» встановлюється змінна платформа для групового розміщення трьох коренеплодів. Відстань між коренеплодами - це відстань між центрами двох суміжних коренеплодів. Регулюється шляхом жорсткого закріплення коренеплодів на різній відстані один від іншого.

Конструктивно-технологічні параметри робочого органу визначались за схемами наведеними на рис.4(б, в). Кут атаки α – кут між лінією перетину площини обертання з рівнем поверхні ґрунту fg та осьовою лінією рядка kc або напрямком руху робочого органу відносно коренеплоду op . Встановлюється шляхом повороту рухомого поля на опорній поверхні навколо вертикальної осі, що проходить через нижню точку ротора. Визначається за шкалою нанесеною на опорну поверхню та покажчиком на рухомому полі. Кут нахилу ротора до горизонтальної площини β – кут між прямими oe та oi , що утворені внаслідок перетину вертикальною площиною, яка проходить через вісь приводного валу ротора, площини обертання ротора і площини рівня ґрунту відповідно. Кут β встановлюється шляхом повороту ротора навколо осі приводного валу конічного редуктора за допомогою поворотного механізму 6 (рис.2). Заміряється кут нахилу ротора за шкалою, яка встановлена на поворотному механізмі. Діаметр ротора, довжина робочих елементів, кількість робочих елементів, початковий кут відхилення робочих елементів від радіального положення визначались згідно рис.4, в.

Режими роботи процесу відокремлення гички визначались до і під час проведення досліду Поступальна швидкість робочого органу визначалась наступним чином. На рамку рухомого поля, біля зони робочого органу, наносилась спеціальна шкала, а на рамку рухомого поля – покажчик. При включенні приводу рухомого поля починалась швидкісна відеозйомка процесу. За допомогою покадрового перегляду відеоматеріалу фіксувалось положення

показчика на шкалі, що відповідало початку і кінцю взаємодії робочого органу з коренеплодом, а потім визначалось переміщення. Враховуючи частоту швидкісної відеозйомки (210; 420; 1000 кадр/с), за кількістю кадрів, на яких зафіксовано контакт робочого органу з коренеплодом, визначалась тривалість взаємодії. За переміщенням і часом взаємодії визначалась середня швидкість поступального руху коренеплоду до або після взаємодії. Поступальна швидкість переміщення коренеплоду регулювалась шляхом встановлення змінних шківів різних діаметрів у приводі рухомого поля. Середнє значення кутової швидкості визначалось аналогічно за кутом повороту ротора і часом взаємодії. Частота обертання ротора регулювалась плавно за допомогою ланцюгово-планчатого варіатора.

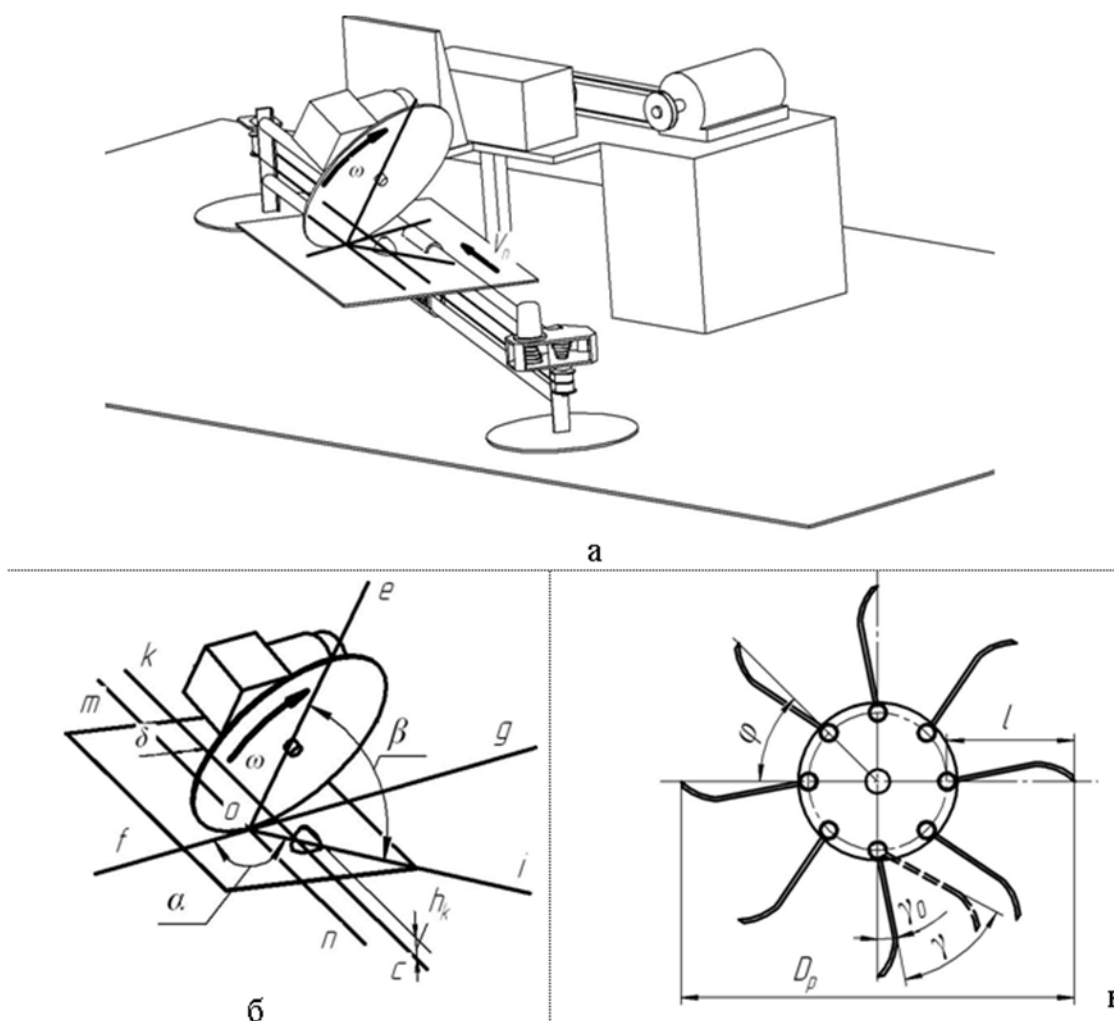


Рис.4 - Схема визначення вихідних параметрів процесу взаємодії робочих органів з коренеплодом:

а – загальний випадок встановлення ротора робочого органу по відношенню до рядка коренеплодів; б і в – схеми для визначення конструктивно-технологічних параметрів робочого органу агрофізичних параметрів посівів.

Методика проведення та визначення показників експериментальних досліджень. Для лабораторних досліджень використовувались натуральні коренеплоди з гичкою. У зв'язку із швидкою втратою тургору коренеплоди

викопувались безпосередньо перед дослідом. Перед викопуванням замірялась висота виступання головки коренеплоду над рівнем ґрунту. Потім коренеплід з гичкою викопувався, очищався від решток ґрунту та обрізався хвостик до діаметра 10 мм. На боковій поверхні коренеплоду позначалась його висота виступання над рівнем ґрунту шляхом нанесення певної кількості лунок діаметром 3...4 мм і глибиною 5...10 мм. Одна лунка відповідала висоті виступання 10 мм. Агрофізичні параметри коренеплодів та гички визначались безпосередньо перед дослідженнями згідно рис. 3 і заносились в табл.1. Кількість сухих і зелених черешків підраховувалась, товщина зон зелених листків і сплячих вічок замірялась згідно рис. 1 спеціальним пристосуванням. Максимальний діаметр коренеплоду визначався як максимальне потовщення коренеплоду. Маса коренеплоду з гичкою зважувалась за допомогою електронних ваг фірми SOEHNLE ULTRA 2.0 з точністю до 0,1 г.

Проведення досліджень за допомогою лабораторної установки здійснювалось наступним чином. Коренеплід вибирався за необхідною висотою виступання над рівнем ґрунту, закріплювався затискачами на відповідній висоті в рухомій рамці, що знаходилась у вихідному положенні на рамі 5 (рис.2). Встановлювались відхилення коренеплоду від осової лінії рядка, відстань між коренеплодами, частота обертання та поступальна швидкість руху коренеплоду. Значення конструктивно-технологічних параметрів робочого органу, режими роботи заносились у табл.1. При встановленні на рамку «рухомого поля» змінної платформи для групового розміщення трьох коренеплодів значення показника відстані між коренеплодами записувалась в табл.1 для другого та третього, за напрямком руху, коренеплодів. Вмикалась освітлювальна апаратура. Вмикався привід робочих органів. Після цього вмикався відеозапис процесу взаємодії і привід «рухомого поля». Вимикання приводу рухомого поля і робочих органів відбувалося автоматично, за допомогою кінцевого вимикача.

При проведенні лабораторних досліджень спостереження процесу проводилось за допомогою швидкісної відеозйомки цифровим фотоапаратом Casio Exilim EX-FH20. При проведенні досліду фіксувались параметри, які відображені у табл.2. Наявність таких якостей як вид пошкодження, певна висота зрізу, вид поверхні зрізу та напрямку зрізу відмічалась у відповідній комірці таблиці для кожного коренеплоду цифрою один, відсутність показника - цифрою нуль. Це необхідно для підрахунку кількості коренеплодів з відповідними параметрами за допомогою програми обробки результатів дослідів.

Після проведення замірів, наведених у табл.,2 визначались критерії оцінки якості роботи та характеристики руху робочого органу . При виборі критеріїв оптимізації враховувалась можливість і точність визначення параметра при будь-яких змінах режиму технологічного процесу. Математична обробка отриманих результатів включала попередню обробку експериментальних даних, поглиблений статистичний аналіз процесу та обробку результатів багатофакторного експерименту. Попередня обробка експериментальних даних проводилась з використанням розробленої авторами

програми підрахунку показників процесу та основних статистичних характеристик за допомогою Excel таблиць на основі табл. 1, 2 і 3. Поглиблена обробка статистичних даних проводилась з використанням стандартного програмного забезпечення. Для проведення багатофакторних експериментів використовувались стандартні методики планування експерименту.

Таблиця 1 - Вихідні параметри коренеплодів та робочих органів для відокремлення гички

Назва показників		Повторність (порядковий номер коренеплоду)					
		1	2	3	4	5	6
1	2	3	4	5	6	7	8
Агрофізичні характеристики коренеплоду і гички	1. Висота гички, м						
	2. Висота зрізаної частини гички, м						
	3. Діаметр пучка гички, м						
	4. Товщина зони зелених листків, м						
	5. Товщина зони сплячих вічок, м						
	6. Висота головки, м						
	7. Максимальний діаметр коренеплоду, м						
	8. Кут конусності гички, градус						
	9. Кут конусності головки, градус						
	10. Кут конусності головки, градус						
	11. Кількість зелених черешків, шт						
	12. Кількість сухих черешків, шт						
	13. Маса коренеплоду з гичкою, кг						
Параметри «поля»	14. Відхилення коренеплоду від осі рядка, м						
	15. Висота виступання головки коренеплоду над поверхнею ґрунту, м						
	16. Відстань між коренеплодами (до попереднього коренеплоду), м	—					
Конструктивно-технологічні параметри робочого органу	17. Вид робочого органу						
	18. Вид робочого елемента						
	19. Діаметр ротора ,						
	20. Довжина робочого елемента						
	21. Кількість робочих елементів						
	22. Початковий кут відхилення робочого елемента від радіального положення						
	23. Кут нахилу ротора до горизонтальної площини						
	24. Кут атаки						
Інші конструктивні параметри							
Режими роботи	25. Поступальна швидкість робочого органу						
	26. Частота обертання ротора						

Таблиця 2 - Параметри коренеплоду, робочого органу та процесу, що фіксуються при проведенні досліду

Назва показників		Повторність (порядковий номер коренеплоду)					
		1	2	3	4	5	6
1	2	3	4	5	6	7	8
Агрофізичні параметри коренеплодів та гички після взаємодії з робочим органом	1. Пошкодження коренеплоду: сильні; слабкі.						
	2. Висота зрізу: нормальний; низький; високий						
	3. Поверхня зрізу: гладка; сколото-рвана						
	4. Напрямок зрізу: прямий; косий						
	5. Висота гички після зрізу, м						
	6. Довжина незрізаних бокових черешків						
	7. Кількість зелених черешків, шт						
	8. Кількість сухих черешків, шт						
	9. Товщина зони зелених листків, м						
	10. Товщина зрізаного шару зони зелених листків, м						
	11. Товщина зони сплячих вічок, м						
	12. Товщина зрізаного шару зони сплячих вічок, м						
	13. Висота зрізу головки, м						
	14. Маса коренеплоду з гичкою, кг						
	15. Маса коренеплоду без гички, кг						
	16. Маса залишків гички, кг						
	17. Маса зрізаної гички, кг						
Показники руху робочого органу	18. Амплітуда коливань робочого елемента, градус						
	19. Тривалість 1/4 періоду основної форми власних коливань, с						
	20. Період власних коливань, с						
	21. Частота власних коливань, с ⁻¹						
	22. Час взаємодії робочого органу з коренеплодом, с						
	23. Переміщення коренеплоду під час взаємодії, м						
	24. Середня поступальна швидкість робочого органу, м/с						
	25. Кут повороту ротора під час взаємодії, градус						
	26. Середня кутова швидкість ротора, рад/с						

Дані вимірювань безпосередньо заносились в комп'ютер у журнал проведення досліджень (табл. 1 і 2) де автоматично проводився розрахунок всіх показників. При цьому контролювалось значення показника точності досліду, і при входженні його в діапазон від 1 до 5 % проведення досліду призупинялось. Таким чином визначалась кількість необхідних замірів.

При попередній обробці експериментальних даних визначали середнє значення:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{N},$$

де N - кількість вимірів.

Величину розсіювання вибірових значень навколо їхнього середнього значення (\bar{x}) що характеризується середньоквадратичним відхиленням визначали із залежності:

$$\sigma = \sqrt{\frac{(x_i - \bar{x})^2}{N}}.$$

На підставі обчислених значень σ обчислювалася помилка середньої вибіркової:

$$m = \frac{\sigma}{\sqrt{N}}.$$

Для визначення міри варіювання досліджуваного показника визначався коефіцієнт варіації:

$$V = \frac{\sigma}{\bar{x}} 100\%.$$

Показник точності досліду K визначався за формулою:

$$K = \frac{m}{\bar{x}} 100\% .$$

Аналіз показників та критеріїв процесу взаємодії робочих органів з коренеплодами та гичкою проводився шляхом дослідження, як індивідуальних табличних даних по кожному коренеплоду так і за середніми показниками досліду представленими у вигляді таблиць і графічних залежностей.

Після взаємодії робочих органів з коренеплодом, визначалися місце контакту, якість відокремлення гички, а також характер і глибина пошкоджень. Динаміка взаємодії робочого органу з коренеплодом аналізувалась шляхом перегляду відеозапису процесу на моніторі.

Аналізувався характер взаємодії робочих елементів з коренеплодом: порядковий номер елемента, що взаємодіє; місце входу робочого елемента в контакт, характер удару, проковзування по поверхні головки, місце виходу із контакту, деформація робочого органу або відхилення жорсткого робочого органу від початкового положення у різні фази контакту та після виходу із контакту; спостереження та визначення основних форм, періоду та власної частоти коливань робочого органу чи елемента та ін.

Таблиця 3- Критерії оцінки та показники якості роботи

Назва показників		Основні статистичні показники				
		Середнє значення	Математичне сподівання	Середньоквадратичне відхилення	Коефіцієнт варіації	Похибка досліду
1	2	3	4	5	6	7
Агрофізичні критерії оцінки якості	1. Кількість пошкоджених коренеплодів, %: значно; незначно					
	2. Кількість коренеплодів зрізаних, %: нормально; низько; високо					
	3. Кількість коренеплодів з поверхнею зрізу, %: гладкою сколото-рваною					
	4. Кількість коренеплодів за напрямом зрізу: прямий; косий					
	5. Висота зрізу гички, м					
	6. Довжина незрізаних бокових черешків, м					
	7. Ступінь відокремлення зелених черешків, шт					
	8. Ступінь відокремлення сухих черешків, шт					
	9. Товщина зрізаного шару зелених листків, %					
	10. Товщина зрізаного шару сплячих вічок, %					
	11. Висота зрізу головки, м					
	12. Кількість зв'язаної гички на коренеплодах, %					
	13. Втрати цукроносної маси, %					
Характеристики руху робочого органу	14. Амплітуда коливань робочого елемента, градус					
	15. Період власних коливань, с					
	16. Частота власних коливань, с ⁻¹					
	17. Час взаємодії робочого органу з коренеплодом, с					
	18. Поступальна швидкість робочого органу, м/с					
	19. Кутова швидкість ротора, рад/с					

За аналізом цілої групи показників визначалась раціональні значення параметрів або встановлювалась причина їх відхилень від нормативних та робились висновки про можливі шляхи удосконалення робочих органів та процесу.

Висновки:

1. На сучасному етапі розвитку пошук методик досліджень гичковідокремлювальної техніки вирішуються в основному шляхом дослідження процесу відокремлення гички в польових умовах, що є трудомістким, енерговитратним, матеріаломістким та високовартісним шляхом удосконалення технологічного процесу та робочих органів.

2. Експериментальні дослідження нових робочих органів для відокремлення гички доцільно проводити в лабораторних умовах з використанням запропонованих лабораторної установки та методики досліджень.

Список використаних джерел

1. Погорельый Л.В., Татьянако Н.В., Свеклоуборочные машины: История, конструкция, прогноз. – К.: Феникс, 2004. – 232 с.
2. Булгаков В.М. Теорія бурякозбиральних машин. – К.: Видавничий центр НАУ, 2005. – 245 с.
3. Зуев Н. М. Бескопирный срез головок корнеплодов. / Зуев Н. М., Топоровский С. А. // Сахарная свекла. – 1988. – № 6. – С. 42–45
4. Зуев Н. М. Методика исследований качества работы свеклоуборочных машин. / Зуев Н. М. – К.: ВНИС, 1989. – 75 с.
5. Кобець О. М. Обґрунтування робочого процесу і параметрів робочих органів для видалення гички кормових буряків: Дис. ... канд. техн. наук: 05.05.11 - машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва / Кобець О. М. - Вінниця, 2007. – 166с.
6. Мартиненко В. Я. Гичкозбиральні машини / Мартиненко В. Я – Тернопіль: Поліграфіст, 1997. – 110 с.
7. Орехівський В. Д. Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів вертикального доочисника головок коренеплодів цукрових буряків: автореф. дис. на здобуття наукового степеню канд. техн. наук.: спец. 05.05.11 - машини і засоби сільськогосподарського виробництва / Орехівський В. Д. – Глеваха, 2002. – 20 с
8. Погорельый М. Л. Підвищення технологічної ефективності бурякозбиральних машин: Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.05.11 - машини і засоби сільськогосподарського виробництва / М. Л. Погорельый – К., 2001. – 21 с.
9. Топоровский С. А. Обоснование технологического процесса і основных параметров рабочего органа для уборки ботвы сахарной свеклы без копирования головок корнеплодов: Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 - механизация сельськохозяйственного производства / Степан Архипович Топоровский – К., 1988. – 19 с.
10. Хелемендик М. М. Підвищення механіко-технологічної ефективності трудомістких процесів у буряківництві: Автореф. дис. ... докт. техн. наук: 05.20.01 - механізація сільськогосподарського виробництва / Хелемендик М. М. – Тернопіль, 1996.

Аннотация

МЕТОДИКА И СРЕДСТВА ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРОЦЕССА ОТДЕЛЕНИЯ БОТВЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМИ РАБОЧИМИ ОРГАНАМИ

Булгаков В.М., Борис А.М.

Проведен анализ методов и технического обеспечения процесса отделения ботвы экспериментальными рабочими органами. Разработана установка и методика исследований в лабораторных условиях процесса отделения ботвы от корнеплодов с разными агротехническими параметрами. Конструкцией установки предусмотрена возможность моделирования в широком диапазоне основных агрофизических характеристик посева, конструктивно-технологических параметров и режимов работы рабочих органов.

Abstract

METHOD AND FACILITIES OF LABORATORY RESEARCHES PROCESS OF SEPARATION OF TOPS BY EXPERIMENTAL WORKINGS ORGANS

Bulgakov V.M., Boris A.M.

The analyses of methods and technical provision of process of separation of roots of sugar beet of experimental working organs was conducted. The set and methods for researches in the laboratory conditions of process of separation of roots of sugar beet with a different agrophysical parameters. With construction of set is envisaged possibility of modeling in wide diapason of basic agrophysical characteristics of crops, constructional-technical parameters and regime of work of working organs.

УДК 631.358:634.22

АНАЛІТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ „ГІДРОДВИГУН – ДЕМПФЕРНА МУФТА – ВІБРОЗБУРЮВАЧ КОЛИВАНЬ”

Семен Я.В, к.т.н.

Львівський національний аграрний університет

Виконано аналітичні дослідження системи “гідродвигун – демпферна муфта – віброзбурювач коливань”. Отримано аналітичні залежності для визначення моменту, що передається демпферною муфтою, з врахуванням амплітудно-частотних характеристик плодкових дерев.

У тросового струшувача з демпферною муфтою у приводі віброзбурювача, пропорційно до навантажень змінюється і власна частота системи – критична частота обертання вала гідродвигуна віброзбурювача

коливань також зростає, що є вагомим чинником для забезпечення агротехнічно-встановленої частоти коливань плодкових дерев.

Але система «струшувач – дерево» працює з перевантаженням під час виведення її з положення рівноваги (вмикання гідроприводу) та зупинки (вимикання гідроприводу). Перший із вказаних періодів роботи системи характеризується великим моментом опору струшування M_{cnp} , подолати який повинен крутний момент на валу гідродвигуна M_{zd} , створюваний силовим потоком робочої рідини. Після зупинки гідроприводу вал гідродвигуна зупиняється. В цей період на нього діють всі махові обертові та поступальні маси елементів віброзбурювача коливань і дерева. Саме наявність демпферної муфти пом'якшує можливий гідроудар та згладжує пікові навантаження елементів гідроприводу [1].

Огляд конструкцій пружних муфт і розрахунок їх основних параметрів та режимів роботи проведено авторським колективом під керівництвом Полякова В.С. [2]. Але авторами не подано рекомендацій стосовно адаптації демпферних муфт до конкретних приводних механізмів сільськогосподарських машин, зокрема, плодозбиральної техніки.

Встановленню закономірностей взаємодії елементів системи “струшувач – дерево – плід” під час віброударного процесу присвятив свої дослідження Шевчук Р.С. [3]. Крім того, в роботах [4; 5] отримано залежності, що описують закономірності подачі робочої рідини до гідродвигуна тросового плодознімального засобу з врахуванням динаміки процесу підсистеми “гідродвигун – віброзбурювач коливань”. При цьому всі зусилля зрівноважувалися на ексцентричній обертовій частині віброзбурювача коливань, привід вала якого здійснювався через ланцюгову муфту.

Мета дослідження – отримання аналітичних закономірностей, що описують роботу системи “гідродвигун – демпферна муфта – віброзбурювач коливань” та дозволяють встановити параметри демпферної муфти залежно від амплітудно-частотних характеристик плодкових дерев.

Роботу пружної муфти приводу віброзбурювача коливань тросового струшувача можна показати, розглядаючи привід як просту двомасову систему, в якій $I_{зв}$ – це всі махові обертові та поступальні маси (включаючи масу плодового дерева) замінено однією масою з моментом інерції, зведеним до вала гідродвигуна, а момент інерції рухомих мас робочої рідини позначений I_p .

Максимальний крутний момент, створюваний потоком робочої рідини, яка скеровується до шестерень гідродвигуна і діє на його вал та демпферну муфту визначається з умови:

$$M_{zd} = M_{cnp} \frac{J_{зв}}{J_p + J_{зв}} \mu, \quad (1)$$

де μ – коефіцієнт передачі зусилля під час коливань, який характеризує ефективність застосування пружних муфт.

Частота власних коливань системи з демпферною муфтою має бути набагато нижчою ніж частота збурювальних сил. В цих умовах демпфуванням

коливань можна нехтувати і визначати коефіцієнт μ за залежністю

$$\mu = \frac{I}{(\omega_c / p)^2 - I}, \quad (2)$$

де p – частота власних коливань системи;

$$p = \sqrt{\frac{C(J_p + J_{3\phi})}{J_p J_{3\phi}}}, \quad (3)$$

C – кутова (крутильная) жорсткість муфти.

Враховуючи, що принцип роботи гідродвигунів шестеренного типу побудований на тиску потоку робочої рідини на зуби шестерень, диференціальне рівняння обертального руху валу гідродвигуна можна подати у наступному вигляді:

$$I_{3\phi} \frac{d\omega_c}{dt} = P_l RS - Fr \sin \varphi - P_{on} RS - M_m \psi \quad (4)$$

де P_l – тиск, що чинить маса рідини на зуби шестерні гідродвигуна;
 R – відстань від рівнодійної сили тиску на шестерню до осі обертання;
 S – площа зубів шестерні, на яку діє тиск;
 F – сила натягу троса;
 r – радіус ексцентрика віброзбурювача коливань струшувача;
 P_{on} – тиск опору переміщенню шестерень гідродвигуна;
 M_m – момент, що передається демпферною муфтою;
 φ – кут, що позначає положення радіуса ексцентрика відносно напрямку дії сили натягу троса і визначається з умови

$$\varphi = \int_0^t \omega_c dt. \quad (5)$$

ψ – кут закручування демпферної муфти, який за початкової умови ($t = 0$) визначається за формулою

$$\psi = \frac{I}{J_{сп} k} \int_0^t M_m(\tau) e^{-n(t-\tau)} \sin k(t-\tau) dt, \quad (6)$$

де τ – тривалість удару (миттєвого наростання навантаження),
 k – власна частота коливань системи:

$$k = \sqrt{\frac{C}{J_{3\phi}}}, \quad (7)$$

n – коефіцієнт, що залежить від демпфувальних властивостей муфти:

$$n = \frac{f}{2J_{3\phi}}, \quad (8)$$

f – коефіцієнт, що враховує швидкість деформації пружного елемента муфти під дією еквівалентного демпфувального моменту.

Момент, що передається демпферною муфтою залежить від тривалості наростання ударного навантаження. Якщо ударне навантаження доволі тривале, то муфта пом'якшує його. У випадку миттєвого наростання удару жорсткіша муфта не встигає амортизувати, а тому слід використовувати більш еластичний пружний елемент.

З врахуванням (1) і за умови, що робота досліджуваної системи можлива при $M_{cmp} = M_{zd}$ (за наявності демпферної муфти) при короткочасному виникненні ударного навантаження момент, що передається муфтою можна визначити за формулою

$$M_m \approx \frac{CM_{cmp} \tau^2}{2J_{cmp}} + \frac{M_{cmp} J_{zd} n_m k \tau (1 - \frac{n_m k r}{2})}{J_{cmp} + J_{zd}}, \quad (9)$$

де r – радіус розміщення пальців демпферної муфти.

Відомо [4], що зведений до вала гідродвигуна момент інерції визначається як сума моментів інерції мас окремих обертових ланок, конструктивно пов'язаних між собою та валом гідродвигуна, тобто:

$$I_{зв} = \sum I_v + \sum I_m + \sum I_e, \quad (10)$$

де $\sum I_v$, $\sum I_m$, $\sum I_e$ – відповідно сума моментів інерції вала гідродвигуна, демпферної муфти та ексцентрикового механізму.

Суму моментів інерції вала гідродвигуна складають його конструктивні елементи, що обертаються, тобто:

$$\sum I_v = \frac{\rho \pi}{32} (2b_1 D_1^4 + l_1 D_2^4), \quad (11)$$

де b_1, l_1 – відповідно ширина шестерень і довжина вала гідронасоса;
 D_1, D_2 – відповідно діаметр зубів шестерень та вала гідронасоса;
 ρ – густина їх матеріалу.

Сума моментів інерції демпферної муфти – це сукупність її окремих складових, що обертаючись, передають крутний момент від вала гідродвигуна до вала ексцентрикового механізму віброзбурювача коливань:

$$\sum I_m = \frac{\rho \pi}{2} (b_2 D_3^4 + b_3 D_4^4), \quad (12)$$

де b_2, b_3 – відповідно ширина маточини та хрестовини кожної напівмуфти демпферної муфти діаметри яких D_3 і D_4 .

Конструктивні елементи ексцентрикового та пов'язаного з ним ударного механізмів, які обертаються сумарно становлять момент інерції I_e :

$$\sum I_e = \rho\pi \left(\frac{b_4 D_5^2}{4} \left(\frac{D_5^2}{8} + r^2 \right) + \left(\frac{b_5 (D_6^2 - d_1^2)}{4} + \frac{l_2 (D_7^2 - d_2^2)}{4} \right) \cdot r^2 \right), \quad (13)$$

де b_4, b_5 – відповідно ширина диска ексцентрика діаметром D_5 та обойми віброзбурювача коливань;
 D_6, D_7, d_1, d_2 – відповідно зовнішній та внутрішній діаметри обойми віброзбурювача коливань і ударного механізму;
 l_2 – довжина вала-шестерні гідродвигуна та обойми ударного механізму.

З досліджень [6] відомо, що

$$M_{cmp} = \left((Fr \sin \omega_c t) + (m\dot{q}_k^2 + m_1\dot{q}_1^2 + m_2\dot{q}_2^2) \frac{\dot{\omega}_c}{\omega_c^2} \right). \quad (14)$$

де m – зведена до місця прикладання збурювального зусилля маса дерева;
 m_1 – маса петлі-захвата;
 m_2 – маса енергетичного засобу з начепленим віброзбурювачем коливань;
 q_k, q_1, q_2 – швидкість переміщення відповідно дерева, петлі-захвата та енергетичного засобу.

Тоді момент, що передається демпферною муфтою, з врахуванням формул (9) та (14) можна визначити:

$$M_m = \left((Fr \sin \omega_c t) + (m\dot{q}_k^2 + m_1\dot{q}_1^2 + m_2\dot{q}_2^2) \frac{\dot{\omega}_c}{\omega_c^2} \right) \times \left(\frac{C\tau^2}{2J_{cmp}} + \frac{J_{zd} n_m k \tau (1 - \frac{n_m k r}{2})}{J_{cmp} + J_{zd}} \right). \quad (15)$$

Проте, для вирішення рівняння (15) необхідно дослідити систему «тросовий струшувач-дерево», врахувавши, що збурювальне зусилля в часі струшування плодів змінюється внаслідок повертання вала ексцентрика зі швидкістю ω_c на кут $\varphi = \omega_c t$ і супроводжується деформацією пружини та переміщенням поршня ударного механізму.

На етапі, коли збурювальна сила F не перевищує граничної деформації пружини $x_n = \Delta_{y0} + F_0 / c_n$, вона визначається з виразу:

$$F = a_1 (b_1 + r(1 - \cos \omega_c t) - q_k - q_1 + q_2), \quad (16)$$

де F_0 – попередній натяг троса;
 Δ_{y0} – зазор в ударному механізмі;
 a_1, b_1 – постійні коефіцієнти;

$$\left. \begin{aligned} a_1 &= c_n c_m c_m / (c_n + c_m + c_m); \\ b_1 &= F_0 / c_n + F_0 / c_m + F_0 / c_m; \end{aligned} \right\} \quad (17)$$

q_k, q_1, q_2 – відхилення від положення рівноваги мас m, m_1 і m_2 ;
 c_n, c_m, c_m – жорсткість відповідно петлі-захвата, троса та демпферної муфти.

Під час роботи струшувача з гранично стисненою пружиною і спрацюванням демпферної муфти збурювальна сила F становить:

$$F = c_m (b_2 + r(1 - \cos \omega_c t) - q_k - q_1 + q_2), \quad (18)$$

де b_2 – постійна величина, що визначається з умови $b_2 = b_1 - \Delta_{y_0} - \frac{F_0}{c_n} - \frac{F}{c_m}$.

Очевидно, на кожному із етапів роботи віброзбурювача коливань струшувача рух мас m , m_1 і m_2 буде здійснюватися за певними закономірностями, які дають змогу досить точно визначити переміщення, швидкість та прискорення коливань елементів системи “тросовий струшувач – дерево” за відомого попереднього натягу троса і жорсткості демпферної муфти та частоту й амплітуду струшування. Тому для остаточного встановлення параметрів і режимів роботи вказаної системи необхідно розв’язати диференціальні рівняння, що описують рух її окремих елементів.

Висновки. Спільний розв’язок рівнянь (4), (10) та (15) з врахуванням (11)–(13) та (16)–(18) дозволить встановити параметри і режими роботи тросового струшувача, вал віброзбурювача коливань якого приводиться в дію через демпферну муфту, під час взаємодії зі штамбом плодового дерева.

Проте, для вирішення рівняння (15) необхідно додатково дослідити систему «тросовий струшувач-дерево».

Список використаних джерел

1. Семен Я.В. Вибір типу з’єднувальної муфти вала приводу віброзбурювача коливань тросового струшувача / Я.В. Семен, І.І. Ріпка, О.В. Рогульський // VI Międzynarodna naukowo-praktyczna konferencja “Naukowa przestrzeń Europy – 2010”. Volume 16. Chemia i chemiczne technologie. Ekologia. Rolnictwo. Geografia i geologia. –Przemysl.: „Nauka i studia”, –2010. –s. 44-47.
2. Поляков В.С., Барбаш И.Д., Ряховский О.А. Справочник по муфтам / Под ред. В.С. Полякова, 2-е изд., испр. и доп. –Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1979. –344 с.
3. Шевчук Р.С. Модель системи „тросовий віброударний струшувач плодів – дерево” / Р.С Шевчук // Вісн. Львів. держ. агр. у-тету. Сер. Агроінженерні дослідження –2004. –№8. – С. 230–236.
4. Семен Я.В. Аналітична модель підсистеми “гідродвигун – віброзбурювач коливань” / Я.В. Семен, І.О. Ніщенко // Вісн. Львів. держ. агр. у-тету. Сер. Агроінженерні дослідження –2005 –№9. – С. 222-227.
5. Семен Я.В. Теоретичний аналіз взаємодії елементів системи „енергетичний засіб – струшувач – дерево” / Я.В. Семен, Р.С. Шевчук, І.І. Ріпка, І.О. Ніщенко // Вісн. Львів. нац. агр. у-тету. Сер. Агроінженерні дослідження –2008 –№12. – т.1. – С. 291-297.
6. Yaroslav Semen Energetic analysis of the efficiency of hydraulic / Yaroslav Semen, Oleg Krupych, Roman Shevchuk, Grygoriy Cherevko // ТЕКА Ком. Mot. Energ. Roln., Tom VIII, Lublin: OL PAN, –2008, s. 207-211.

Аннотация

АНАЛИТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ «ГИДРОДВИГАТЕЛЬ – ДЕМПФЕРНАЯ МУФТА – ВИБРОВОЗБУДИТЕЛЬ КОЛЕБАНИЙ»

Семен Я.В.

Проведено аналитическое исследование системы «гидродвигатель – демпферная муфта – вибровозбудитель колебаний». Получены аналитические зависимости для определения момента, передаваемого демпферной муфтой, с учетом амплитудно-частотных характеристик плодовых деревьев.

Abstract

ANALYTICAL RESEARCH OF THE „HYDRAULIC ACTUATOR – DAMPER MUFF – VIBROEXCITER” SYSTEM

Semen Ya.V.

Analytical researches of the „hydraulic actuator – damper muff – vibroexciter” system are fulfilled. The analytical dependences are got for determination of moment, that is passed by a damper muff, taking into account amplitude-frequency characteristic of fruit-trees.

УДК 631.312.69

ВИЗНАЧЕННЯ ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ДИСКОВОГО ЛУЩИЛЬНИКА

**Пащенко В.Ф., д.т.н., професор, Онишко М.І., к.т.н., доцент, Дорошко І.М.,
к.т.н., доцент, Сєдих К.В., аспірант**

Харківський національний аграрний університет ім. В.В. Докучаєва

Визначені якісні показники роботи експериментального дискового луцильника порівняно з традиційними боронами.

Основними вимогами до обробітку ґрунту є створення сприятливих умов для росту і розвитку рослин.

У сучасному сільському господарстві існує багато систем обробітку ґрунту, основними з яких є: система основного обробітку ґрунту; система передпосівного обробітку ґрунту під ярі культури; система обробітку ґрунту під озимі культури [1]. Поширена також система обробітку ґрунту після посіву рослин, система обробітку перезволожених і еродованих ґрунтів та ін.

Дослідження бажаної якості обробітку ґрунту залежить у великій мірі від правильного вибору ґрунтообробного знаряддя. Вибір знаряддя визначає і енергомісткість процесу та витрати на виконання обробітку ґрунту.[2].

Використання дискових борін дає можливість отримати не погану якість обробітку в поєднанні з відносно малими витратами палива, тому вони стають дедалі популярнішими. Луцнення є важливим заходом у боротьбі із шкідниками, які живуть на стерні, сходах падалиці, які зимують у верхніх шарах ґрунту.[3.]

В той же час серійні дискові знаряддя мають певні недоліки. Зібрані в батареї диски забиваються пожнивними рештками і бур'янами [4]. В порівнянні з іншими машинами для поверхневого обробітку дискові борони мають невисоку продуктивність і більші витрати палива на одиницю виконаної роботи. Не завжди при їх роботі забезпечується якісне розпушування ґрунту [5].

Проблемами дослідження займалися: Гуков Я.С; Сакун В.А; Богаров В.М, Синявін В.Д, Шевченко М.В, Заяць О.М та інші вітчизняні та зарубіжні науковці. В результаті такої роботи дискові знаряддя вдосконалюються, появляються, нові експериментальні дискові луцильники.

До токого знаряддя відносяться дисковий луцильник ЛД-5 який має значно більшу продуктивність, менші витрати палива та надійність у роботі в порівнянні з серійними зразками. Особливістю його конструкції є індивідуальне кріплення до рами кожного диска за допомогою пружинної стійки. Це дає можливість зменшити питомий опір машини, збільшити її ширину захвату і зменшити питомі витрати палива. За рахунок коливання дисків зменшується забивання машини пожнивними рештками і бур'янами.

Результати якісних показників роботи цього знаряддя не вивчені в повній мірі.

Мета дослідження – визначення та порівняння якісних показників роботи серійної дискової борони ДМТ-4 та експериментального луцильника ДЛ-5.

Дослідження проводилися на полях дослідного господарства ХНАУ ім. В.В. Докучаєва. Серійна дискова борона ДМТ-4 агрегувалась з трактором ХТЗ-17221, а експериментальний дисковий луцильник ДЛ-5 з трактором Т-150К-09. Швидкість руху агрегатів становила 9 км/год. Стерньовий фон ділянок – стерня соняшника. Після обробітку ділянок визначалися щільність ґрунту в трьох горизонтах: 0-5 см; 5-10 см; 10-15 см та його структурний склад. Була також визначена вологість ґрунту, яка склала 22,5 %.

Результати досліджень наведені в таблицях 1 і 2.

Таблиця 1 Структурний склад ґрунту після обробітку

Розмір сита, мм	ДМТ-4					ДЛ-5					
	Вага, г			Сер.	%	Розмір сита, мм	Вага, г			Сер.	%
I	II	III	I				II	III			
2	95	100	115	103,3	10,4	2	95	67	75	79	5,4
3	80	95	90	88,3	9,0	3	100	80	75	85	5,8
5	60	78	65	67,6	6,9	5	70	50	65	61,6	4,1
7	50	80	50	60,0	6,1	7	60	50	80	63,3	4,2
10	650	550	830	676,6	67,5	10	1200	900	1500	1200,0	80,5
Σ				995,8	100	Σ				1488,9	100
По всьому досліді НР ₀₅ = 180,12, При порівнянні агрегатів НР ₀₅ = 80,55, При порівнянні ваги фракцій НР ₀₅ = 127,36, Окремо по фракціям: 2-НР ₀₈ = 22,9; 3-7 НР несуттєве; 10- НР ₀₅ = 532,6											

Таблиця 2 Щільність ґрунту по горизонтам після обробітку

Горизонт, см	Повторність	Щільність, г/см ³	
		ДМТ-4	ЛД-5
0-5	1	1,04	1,10
	2	1,15	1,19
	3	1,09	1,18
	Сер.	1,09	1,17
5-10	1	1,14	1,15
	2	1,20	1,25
	3	1,16	1,24
	Сер.	1,17	1,21
10-15	1	1,06	1,08
	2	1,17	1,24
	3	1,16	1,25
	Сер.	1,13	1,19
По всьому досліді $НІР_{25} = 0,06$, При порівнянні горизонтів $НІР_{20} = 0,025$, При порівнянні агрегатів $НІР_{05} = 0,048$			

Як видно з таблиці 1, структурний склад ґрунту після обробітку серійною бороною та експериментальним луцильником дещо відрізняється. Так, грудочок розміром менше двох міліметрів після проходу експериментального луцильника на 5 % менше, ніж після проходу серійної борони. В той же час агрегатів розміром більше 10 мм на 13 % більше.

Кількість агрономічно цінних за розміром агрегатів знаходиться майже на одному рівні. Тобто за якістю розпушування ґрунту дані дискові машини мають близькі показники.

Аналіз таблиці 2 показує, що після обробітку ґрунту серійною бороною його щільність по всіх горизонтах, в яких велись спостереження, дещо перевищує щільність ґрунту після обробітку експериментальним луцильником.

Якісні показники роботи серійної борони та експериментального луцильника мають незначні відмінності й задовольняють вимоги до цих машин.

Вважаючи, що експериментальний луцильник має значно кращі техніко-економічні показники (менші питомі витрати палива і більшу продуктивність), можна рекомендувати до впровадження це знаряддя та продовжити дослідження показників його роботи.

Список використаних джерел

1. Заяц А.Н., Синявин В.Д. Влияние минимализации основной обработки почвы на микробиологические процессы и содержание доступных питательных веществ в чернозёме типичном //Тези доп .конф., присв. 50-річчю факультету агрохімії та ґрунтознавства "ґрунти України: екологія, еволюція, систематика, окультурення, оцінка, моніторинг, географія, використання. - Харків, 1996. – С.88.
2. Сакун В.А. О путях снижения энергоёмкости обработки почвы // Весник сельскохозяйственной науки. – 1978. - №3. – С.118-130
3. Гуков Я.С. Підвищення ефективності використання ґрунтообробної техніки //Вісн.аграр. наук – 1998. - №6 –С. -58.

4. Бочаров В.М. Сравнительная агротехническая оценка почвообрабатывающих машин / В.М. Бочаров, А.А. Зуборев // Молодые ученые – сельскому хозяйству Алтая: сб. науч. тр. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2006. – С.52-54.
5. Будьонний Ю.В., Шевченко М.В., Синявін В.Д. Обробіток ґрунту як метод боротьби з бур'янами //Зб.наук.пр. Наук.-досл. ін-ту фітосаніт. моніторингу. - Харків, 1999. - С.115-119.

Аннотация

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ДИСКОВОГО ЛУЩИЛЬНИКА

Пащенко в.Ф., Онишко м.И., Дорошко И.М., Седих к.В.,

Определены качественные показатели работы экспериментального дискового луцильника в сравнении с традиционными боронами.

Adstract

DETERMINATION OF HIGH-QUALITY INDEXES OF WORK EXPERIMENTAL DISKER

Paschenko V.F., Onishko M.I., Dorozhko I.M., Sedikh K.V.,

The high-quality indexes of work of experimental disker are certain in comparing to the traditional harrows.

УДК 631.31.03.13

ВПЛИВ ЛОКАЛЬНОГО РОЗПУШЕННЯ ҐРУНТУ НА ЙОГО ФІЗИКО- МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ

**Пащенко В.Ф., д.т.н., Гусаренко М.П., к.т.н., Дьяконов С.О., к.т.н.,
Огурцов Є.М., к.с.-г.н.**

Харківський національний аграрний університет ім. В.В. Докучева

Наведено результати експериментальних досліджень застосування чизельного плуга в умовах локального розпушення ґрунту.

Науковими установами землеробського напрямку, сільськогосподарськими навчальними закладами та дослідницькими станціями встановлено, що зяблевий безполицевий обробіток неоднозначно впливає на властивості ґрунту, умови росту, розвитку і формування продуктивності рослин. З одного боку, він забезпечує високий ґрунтозахисний ефект, сприяє поліпшенню водного режиму ґрунту і скорочення енергетичних витрат; з іншого – погіршує фізичні властивості ґрунту та його фітосанітарний стан. Але найсуттєвішим недоліком є збільшення забур'яненості ґрунту і посівів. І не

випадково здійснення безполцевого обробітку обов'язково супроводжується застосуванням системи гербіцидів. Тому на сьогодні сучасному землеробству найповніше відповідає комбінована система обробітку ґрунту, яка органічно поєднує у сівозміні чергування різноглибинного полицевого і безполцевого обробітків залежно від особливостей ґрунтово-кліматичних зон України і біологічних властивостей вирощуваних культур [1,2].

Як правило при безполцевому обробітку ґрунту застосовують чизельні плуги. В перекладі з англійської мови „чизель” означає важкий культиватор для глибокого розпушування ґрунту. Робочими органами таких знарядь є вертикальні стійки з розпушувальними наральниками. І як відомо, при обробці ґрунту такими плугами скиба ґрунту не обертається, а тільки розпушується на задану глибину. Чизелювання на глибину 20-45 см використовують як основний обробіток ґрунту замість полицевої оранки лемішними плугами, а також для обробітку ґрунту на парах. Смугове чизелювання виконують на глибину до 60 см замість щільювання для боротьби з водною ерозією на схилах, а також для покращення пасовищ [3].



Рис. Агрегат для локального розпушення ґрунту на базі плуга ПЧ-2,5

Нами пропонується для систем мінімального обробітку ґрунту і «No till» використовувати в осінній період локальне рихлення ґрунту на глибину до 50 см з метою накопичення вологи в зимовий період. Для визначення ефективності локального рихлення ґрунту під посів сої закладений трьох річний експеримент з використанням тракторів марки ХТЗ і чизельного плуга ПЧ-2,5. З метою встановлення впливу зяблевого локального обробітку ґрунту на умови росту, розвитку і формування продуктивності рослин та енергетичних витрат на вирощування в порівнянні з традиційним зяблевим обробітком.

Польовий дослід проводили на дослідному полі Харківського НАУ імені В.В. Докучаєва за методикою Б.А. Доспехова [4]. Ґрунт в сівозміні, на якій закладались польові досліді, чорнозем типовий слабо змитий малогумусний важко-суглинковий на карбонатному лесі. Рельєф поля, на якому

Таблиця 1 Вологість ґрунту залежно від основного обробітку в різні періоди росту і розвитку сої, %

Варіанти	Шар ґрунту	До початку польових робіт	Сівба сої	Сходи	Цвітіння	Збирання
оранка, 20-22 см	0-10	23,6	23,5	15,5	10,5	25,5
	10-20	26,6	25,2	17,6	12,9	24,4
	20-30	26,2	25,6	19,6	14,5	24,7
	30-40	27,5	26,2	23,3	16,8	26,5
	40-50	27,9	27,5	23,7	17,8	26,4
чизель, 20-22 см (лапи через 0,5 м)	0-10	23,6	24,1	17,8	12,3	25,7
	10-20	27,1	25,0	19,3	12,2	25,5
	20-30	27,6	25,7	20,0	14,7	25,2
	30-40	27,7	25,8	22,2	15,0	25,0
	40-50	27,3	26,6	22,0	16,0	26,5
чизель, 20-22 см (лапи через 1,0 м)	0-10	26,3	24,5	19,1	17,9	26,7
	10-20	26,4	24,4	19,8	18,2	25,9
	20-30	27,0	24,9	21,2	18,4	25,4
	30-40	27,5	26,7	21,8	19,6	25,2
	40-50	27,1	27,7	22,9	22,2	25,0
чизель, 40 см (лапи через 1,0 м)	0-10	26,1	24,4	21,1	14,0	26,1
	10-20	26,6	25,2	22,3	14,0	25,5
	20-30	27,5	25,2	23,4	14,6	25,0
	30-40	27,9	25,9	23,4	15,8	24,9
	40-50	27,0	26,7	25,1	17,2	25,2
чизель, 20-22 см (лапи через 3,0 м)	0-10	26,3	23,6	18,4	12,3	25,8
	10-20	26,6	24,6	20,0	13,8	25,6
	20-30	27,0	24,3	20,9	14,2	24,7
	30-40	27,7	24,7	23,5	17,5	23,7
	40-50	27,8	24,9	23,7	18,3	25,8
чизель, 40 см (лапи через 3,0 м)	0-10	25,3	24,8	19,1	11,1	25,9
	10-20	25,6	25,0	20,5	14,0	23,5
	20-30	26,2	25,8	21,6	17,3	22,7
	30-40	27,0	26,1	23,3	19,2	25,2
	40-50	27,1	26,6	23,6	20,1	25,5

розташовувались дослідні ділянки, має рівне водорозділове плато із слабо пологим схилом. Схему досліду приймали такою: зяблева традиційна оранка на глибину 18-20 см; зяблевий обробіток чизельним плугом Т-150К-09 + ПЧ-2,5 на глибину 18-20 см; зяблевий обробіток чизельним плугом на глибину 18-20 см з відстанню між стійками 1 м (рис.); зяблевий обробіток чизельним плугом на глибину 30 см з відстанню між стійками 2 м; зяблевий обробіток чизельним плугом на глибину 40 см з відстанню між стійками 3 м.

Спостереження за вмістом вологи в ґрунті показали, що до початку весняно-польових робіт на усіх ділянках, де проводили з осені безполицевий обробіток ґрунту, вміст вологи був на 0,4-1,3% більшим, порівняно з оранкою (табл. 1). На час сівби вміст вологи на оранці в шарі ґрунту 0-10 см був меншим, ніж на варіантах безполицевого обробітку на 0,6-1,3%. Це дещо погіршувало умови проростання насіння сої, і на цьому варіанті досліду польова схожість насіння була меншою на 0,4-0,9%, порівняно з іншими варіантами (табл. 2). Така тенденція зберігалась і в період сходів сої – вміст вологи в десятисантиметровому шарі ґрунту, найбільш важливому для формування сходів, був на оранці меншим на 2,3-5,6%. В зв'язку з цим густота рослин на цьому варіанті досліду була меншою, ніж на варіантах безполицевого обробітку на 3-5 тис./га. Найбільша густота рослин та польова схожість були на варіанті безполицевого обробітку на глибину 40 см з розстановкою лап через один метр – 536 тис./га та 76,6%. Це можна пояснити тим, що у розпушеному та замульчованому ґрунті після безполицевого обробітку уповільнюється капілярне випаровування із глибоких шарів, зменшується поверхневе висушування ґрунту, краще зберігається волога опадів, і все це сприяє більш активному проростанню насіння сої.

Різниця за зволоженістю ґрунту на полицевому і безполицевому обробітках ґрунту зберігалася до фази цвітіння, яка є критичною в рості і розвитку сої. Вміст вологи в цей період на ділянках безполицевого обробітку ґрунту був більшим на 0,6-4,8% порівняно з оранкою, це покращувало умови росту сої, висота рослин якої на варіантах безполицевого обробітку ґрунту була більшою на 2,1-3,8 см порівняно з рослинами на контролі.

Вміст вологи за нашими спостереженнями вирівнявся до збирання врожаю і був в цей період практично однаковим на усіх варіантах досліду. Урожайність зерна сої була низькою, через несприятливі погодні умови і залежно від варіантів досліду коливалася в межах від 0,96 до 1,03 т/га (табл. 3). На всіх варіантах безполицевого обробітку ґрунту урожайність зерна була більшою, ніж на контролі на 0,03-0,07 т/га. Найбільшою урожайністю була на варіантах безполицевого обробітку ґрунту на глибину 40 см – 1,03 т/га. Але ми можемо говорити лише про тенденцію до збільшення урожайності зерна сої на варіантах безполицевого обробітку ґрунту, поскільки різниця в урожайності знаходиться в межах помилки досліду ($HP_{05} = 0,31$ т/га).

Отже, досліджувані способи безполицевого обробітку ґрунту створюють сприятливі умови для росту і розвитку сої та забезпечують отримання врожайності зерна дещо вищої порівняно з оранкою.

Таблиця 2 Вплив обробітку ґрунту на густоту, польову схожість та висоту рослин сої

Варіанти	Густота, тис./га	Польова схожість, %	Висота рослин, см
оранка, 20-22 см	530	75,7	83,5
чизель, 20-22 см (лапи через 0,5 м)	535	76,4	85,6
чизель, 20-22 см (лапи через 1,0 м)	534	76,3	86,2
чизель, 20-22 см (лапи через 3,0 м)	533	76,1	87,0
чизель, 40 см (лапи через 1,0 м)	536	76,6	86,7
чизель, 40 см (лапи через 3,0 м)	534	76,3	87,3

Таблиця 3 Урожайність сої залежно від основного обробітку ґрунту, т/га

Варіант	По повторенням			Середнє	Різниця
	I	II	III		
оранка, 20-22 см	0,86	0,96	1,06	0,96	-
чизель, 20-22 см (лапи через 0,5 м)	1,04	0,99	0,94	0,99	0,03
чизель, 20-22 см (лапи через 1,0 м)	1,06	0,90	1,05	1,00	0,04
чизель, 20-22 см (лапи через 3,0 м)	1,20	0,80	1,03	1,01	0,05
чизель, 40 см (лапи через 1,0 м)	0,75	1,00	1,34	1,03	0,07
чизель, 40 см (лапи через 3,0 м)	1,15	1,05	0,89	1,03	0,07
<i>HIP</i> ₀₅ =				0,31	

Висновки

1. На варіантах безполицевого обробітку вологість ґрунту протягом літа була більшою на 0,4-5,6% порівняно з оранкою.
2. Безполицевий обробіток ґрунту сприяв збільшенню польової схожості насіння на 0,4-0,9% та густоти сходів – на 3-6 тис./га.
3. Урожайність зерна сої на варіантах безполицевого обробітку ґрунту була більшою на 0,03-0,07 т/га порівняно з оранкою.
4. Для подальших конкретних рекомендацій результатів експерименту в виробництво продовжено дослід, в тому числі і в виробничих умовах.

Список використаних джерел

1. Сапковский В.И. Чизельная обработка почвы и урожай / В.И. Сапковский. – Минск: Ураджай, 1989. – 38 с.
2. Труфанов В.В. Глубокое чизелевание почвы / В.В. Труфанов. – М.: ВО Агропромиздат, 1986. – 137 с.
3. Круть В. Ефективність безполицевого обробітку ґрунту в Україні / В. Круть // Техніка АПК / Науково технічний журнал. № 5, 1999. – С. 12
4. Доспехов Б.А. Методика проведения полевого опыта / Б.А. Доспехов. – М.: Колос, 1972. – 207 с.

Аннотация

ВЛИЯНИЕ ЛОКАЛЬНОГО РЫХЛЕНИЯ ПОЧВЫ НА ЕЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Пащенко В.Ф., д.т.н., Гусаренко Н.П., к.т.н., Дьяконов С.А., к.т.н.,
Огурцов Е.Н., к.с.-х.н.

В статье приведены основные экспериментальные результаты использования чизельного плуга в условиях глубокого локального рыхления почвы.

Annotation

INFLUENCE OF THE LOCAL LOOSENING OF SOIL ON ITS PHYSICAL PROPERTIES

Paschenko V.F., d.t. s., Gusarenko N.P., c.t. s., D'yakonov S.A., c.t. s.,
Ogurcov E.N., c.ag.s.

The experimental results of the use of plough are resulted at the local loosening of soil.

УДК 632. 913: 581.5

АНАЛІЗ РОБОТИ ПРИСТРОЮ ДЛЯ ЗБИРАННЯ ТА ЗНИЩЕННЯ КОЛОРАДСЬКОГО ЖУКА

Арендаренко В.М., к.т.н., Харак Р.М., к.т.н. Самойленко Т.В., магістр
Полтавська державна аграрна академія

Розроблено конструкцію пристрою для збирання та знищення колорадського жука механічним способом за допомогою пасивних робочих органів з еластичного матеріалу. На основі проведеного кінематичного та енергетичного аналізу роботи створеного пристрою були надані практичні рекомендації по вибору матеріалу для виготовлення його робочих органів.

Постановка проблеми. В останні десятиріччя велику увагу приділяється механічному способу збирання та знищення колорадського жука [3] та створенню відповідних пристроїв [4, 6, 7, 8]. Основна перевага механічних пристроїв полягає в тому, що вони забезпечують до 80% збирання та знищення жука та його личинок на різних стадіях розвитку.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Колорадський жук з'явився в Україні на початку 50-х років ХХ сторіччя, а в 1965...1970 рр. заповнив всі картопляні насадження [1]. Його ареал привів до того, що врожайність картоплі знизилась. На сьогодні існує багато способів боротьби з цим злісним шкідником. Один із них хімічний, але застосування хімічного способу, не дивлячись на його ефективність, не завжди є доцільним. Це пов'язано з тим, що колорадський жук має значну еволюційну пластичність, високу спадкову гетерогенність [1], підвищену льотну активність, високу плодючість самок (до 5000 яєць), розтягнутий період пробудження, підвищену стійкість до екстремальних впливів (наприклад, хімічного), різноманітніші стани фізіологічного спокою [2]. Ці фактори потребують нових методів знищення, один із яких механічний.

Мета і завдання досліджень. Для ефективного збирання та знищення колорадського жука розробити механічний пристрій з пасивним струшувачем, оснащеним стержнями, виконаними з еластичного матеріалу. Дослідити роботу еластичного струшувача пасивного типу.

Матеріали і методи досліджень. За результатами пошукових досліджень, шляхом комп'ютерного імітування, розроблена нова конструкція пристрою для збирання та знищення жука [5]. Недоліком існуючих пристроїв є те, що всі вони мають робочі органи (струшувачі), які приводяться в рух від опорних коліс за допомогою ланцюгової передачі. Такі конструкції є ненадійними і малоєфективними, крім того вони високометалоємкі та дуже дорогі.

Пристрій для збирання та знищення жука (рис. 1) має раму, причіпний пристрій, опорні колеса, механізм збирання та знищення колорадського жука. Механізм струшування жуків, виконаний у вигляді пластин, котрі здатні підгинати стебла кущів картоплі в межах від 0 до 360°. До пластин жорстко, з можливістю регулювання довжини стержня L і кутів β і γ , закріплені еластичні верхні та нижні стержні аеродинамічної форми. Еластичні струшувачі мають можливість обертатися навколо своєї осі.

Пристрій розміщується спереду трактора і працює наступним чином. При русі пристрою пластина 3 підгинає кущі в бік лотка 6 в момент підгибання кущів еластичні струшувачі 4 струшують стебла картоплі в нижній частині куща і листочки у верхній, еластичні щітки 9 струшують нижню частину куща додатково із протилежного боку відносно еластичних струшувачів 4. Личинки і дорослі жуки падають на механізм знищення і стискання котків 5, що обертаються назустріч один-одному, жуки знищуються.

На рис. 2 наведена схема роботи струшувача пристрою для збирання і знищення жука.

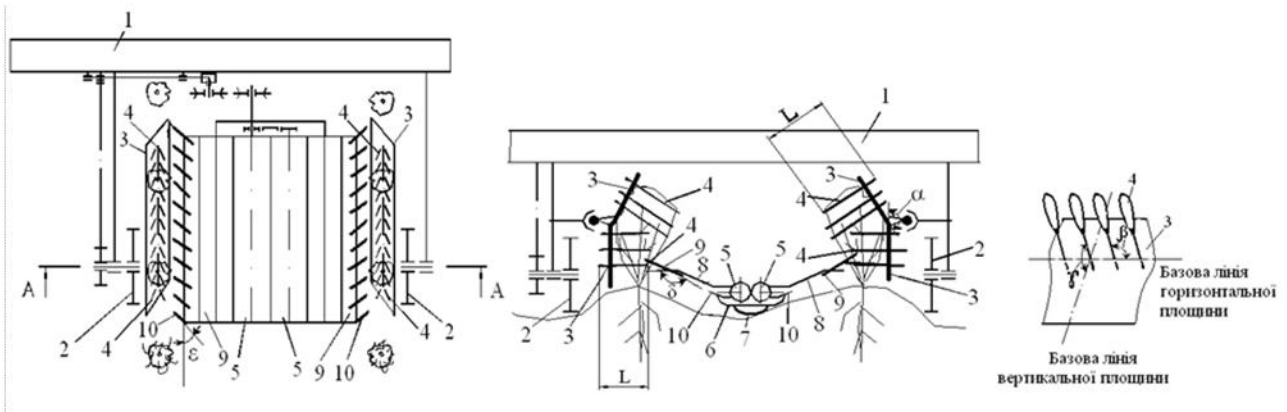


Рис. 1. Пристрій для збирання та знищення колорадського жука:

1 – рама; 2 – опорні колеса; 3 – механізм струшування комах; 4 – еластичні стержні; 5 – котки; 6 – лоток; 7 – копіюча п'ята; 8 – напрямні пластини; 9 – еластичні щітки; 10 – шкребки.

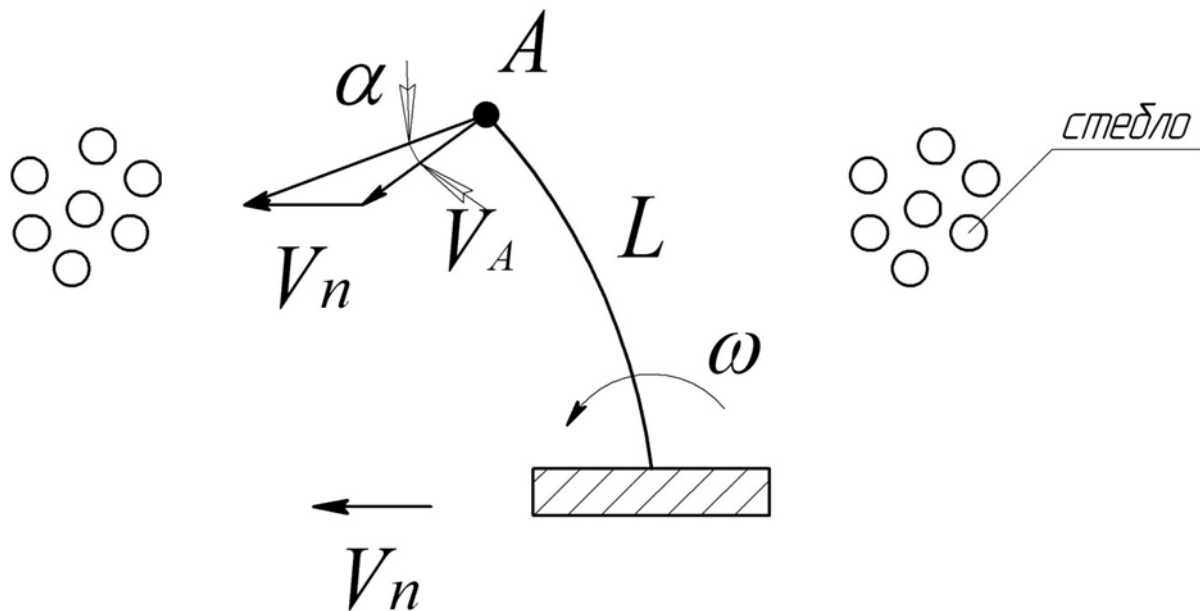


Рис. 2. Схема роботи струшувача

Результати досліджень. У результаті проведених досліджень встановлено:

1. Запропонований механічний пристрій для збирання та знищення колорадського жука із струшувачем пасивного типу може оснащуватися еластичними стержнями виконаними із різних композитних матеріалів.

2. Струшувач комах виконаний у вигляді пластин, котрі мають можливість підгинати стебла кущів у вертикальному напрямку, при цьому робочі органи (стержні, які встановлені на пластинах) набувають обмежений рух з кутовою швидкістю $\omega \neq const$ і кутовим прискоренням $\varepsilon \neq 0$.

Рух еластичних стержнів відбувається в обмеженому просторі, яке обумовлюється відстанню між кущами картоплі в рядку, тому довжина стержнів повинна бути в межах від 50 до 550 мм, а кути закріплення стержнів відносно базової лінії горизонтальної площини (рис. 1) в межах від 0 до 180°.

3. Робочий орган здійснює складний рух, його повна кінетична енергія не

дорівнює в загальному випадку сумі кінетичних енергій відносного і переносного рухів. Вона визначається наступною залежністю:

$$T = 0,5(M + m_c n) \cdot (V_n^2 + \omega^2 L^2 + 2V_n \omega L \cos \alpha), \quad (1)$$

де M – маса пластини;
 m_c – маса еластичного стержня;
 n – кількість стержнів, які встановлені на пластині робочого органу;
 V_n – поступальна швидкість МТА;
 ω – кутова швидкість еластичного стержня;
 V_A – лінійна швидкість точки А еластичного стержня;
 L – довжина еластичного стержня.

4. Досліджуючи деформацію еластичного стержня круглої форми з різним відношенням довжини стержня до його діаметра ($\eta = L/d$), була запропонована формула за допомогою якої можна визначити ступінь впливу поперечної сили на потенціальну енергію деформації

$$Z = 0,378 \cdot K \cdot \frac{\gamma}{\eta^2}, \quad (2)$$

де η – відношення довжини стержня (L) до його діаметра (d);
 K – коефіцієнт пропорціональності;
 γ – відношення модулів пружності стержня, розраховується за формулою (3).

$$\gamma = \frac{E}{G}, \quad (3)$$

де E – модуль пружності при розтягу - стиску (модуль Юнга), МПа;
 G – модуль пружності при зсуву, МПа.

5. Результати розрахунків ступеня впливу поперечної сили на потенціальну енергію деформації в залежності від розмірних параметрів стержнів, виготовлених із різних еластичних матеріалів, представлені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Ступінь впливу поперечної сили на потенціальну енергію деформації в залежності від розмірних параметрів стержнів, виготовлених із різних еластичних матеріалів.

$\eta = L/d$	Значення Z , %			
	Матеріал стержня			
	Капрон	Склопластик	Орґанопластик	Вуглепластик
5	6,2	20,1	71	177
10	1,6	5,4	17,8	48,6
15	0,7	2,4	7,9	20,0
20	0,4	1,3	4,4	11,2
25	–	–	2,9	7,1
30	–	–	0,7	5,0

Висновок

Запропонований механічний пристрій для збирання та знищення колорадського жука із струшувачем пасивного типу може оснащуватися робочими стержнями виконаними із капрону, склопластика, органопластика, вуглепластика із відношенням довжини стержня до його діаметра 5; 10; 15; 20; 25; 30.

При виготовленні еластичних стержнів круглої форми з $\eta \leq 20$, краще всього скористатися капроном. При $\eta \geq 20$ доцільно використати композитні матеріали.

Список використаних джерел

1. Антонюк Р.В. Колорадський жук / Р.В. Антонюк, В.О. Антонюк // Журнал «Карантин і захист рослин». – 2006. №12 – С. 16-17.
2. Гусев Г.В. Энтомофаги колорадского жука – М.:Агропромиздат, 1991. – 174с.
3. Гуцол Т.Д. Обґрунтування параметрів та режимів роботи пристрою для механічного збирання комах-шкідників просапних сільськогосподарських культур: Автореферат: дис.канд.техн.наук/Львів. держ. аграрн. ун-т.-Львів.2007. – 19с.
4. Механизм сбора и уничтожения насекомых: А.С. 952188 СССР, МКИ А 01 М 5/01./ Кабанов П.И. (СССР). - №2966301/30-15; заявл.24.07.80; опубл..23.08.82, Бюл.№31. – 4с.
5. Патент на корисну модель Україна 32770 А 01 М 5/00: Пристрій для збирання і знищення жука/ Арендаренко В.М., Дубровін В.О., Прасолов Е.Я., Слинько О.П., Харак Р.М. (Україна). – №200801397; заявл. 4.02.2008; опубл. 26.05.2008; Бюл. №10.2008 – 6с.
6. Устройство для сбора и уничтожения колорадского жука: А.С. 1423078 А1. СССР, МКИ А 01 М 5/04./ Дерябин С.К., Ламкин Г.И., Ларин И.С., Савельев А.П. (СССР). - №3988488/30-15; заявл. 04.11.85; опубл.19.09.88; Бюл.№34. – 3с.
7. Устройство для сбора и уничтожения колорадского жука: АС 1103836А, А01 М5/08. /Дерябин С.К, Четвергов Е.В. (СССР) - №3567151/30-15; заявл.24.03.83; опубл. 23.07.84; Бюл.27. – 2с.
8. Устройство для уничтожения насекомых: АС 1503723 А1. Кл. А 01 М 5/08./ Савельев А.П., Ларин И.С., Дерябин С.К. (СССР) - № 4156209/30-15; заявл. 05.12.86; опубл. 30.08.89; Бюл. №32. – 4с.

Abstract

ANALYSIS OF DEVICE FOR COLLECT AND DISPOSE OF COLORADO BEETLE

Arendarenko W.M, Harak R.M., Camojlenko T.V.

Construction of device for collection and elimination of colorado beetle by a mechanical method by passive working organs from elastic material is developed. On

the basis of the conducted kinematics and power analysis of work of the created device practical recommendations on the choice of material for making of working organs were given.

Аннотация

АНАЛИЗ РАБОТЫ УСТРОЙСТВА ДЛЯ СБОРА И УНИЧТОЖЕНИЯ КОЛОРАДСКОГО ЖУКА

Арендаренко В.Н., Харак Р.Н., Самойленко Т.В.

Разработана конструкция устройства для сбора и уничтожения колорадского жука механическим способом с помощью пассивных рабочих органов из эластичного материала. На основе проведенного кинематического и энергетического анализа работы созданного устройства были предоставлены практические рекомендации по выбору материала для изготовления рабочих органов.

УДК 631.316.022.4

ПОЛЬОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ СПРАЦЮВАННЯ КУЛЬТИВАТОРНИХ ЛАП З ЛОКАЛЬНИМ ЗМІЦНЕННЯМ

Кобець А.С., к.т.н., професор, Кобець О.М., к.т.н., доцент, Пугач А.М., к.т.н., старший викладач

Дніпропетровський державний аграрний університет

Приведено результати польових досліджень зносу культиваторних лап оснащених елементами локального зміцнення. Визначено оптимальні конструктивні параметри. Наведено методику визначення інтенсивності зносу матеріалу лапи.

Постановка проблеми.З метою збільшення ресурсу ґрунтообробних робочих органів, зокрема культиваторних лап застосовують нанесення на одну з поверхонь шару зносостійкого матеріалу. За рахунок різної інтенсивності спрацювання поверхонь певний час спостерігається режим самозагострення леза [1]. Однак, процес нормального самозагострення відбувається тільки в невеликому інтервалі зміни параметрів. При збільшенні тиску на передню грань, спостерігається переагострення з відломленням оголених твердих ділянок, а при зменшенні – затуплення ріжучої кромки.

Відомо, що наявність на лезі зубців різко покращує процес різання. Але нанесення таких зубців на профіль леза не буде ефективним, так як внаслідок абразивного спрацювання вони будуть стерті. Враховуючи характер процесу взаємодії робочого органу з ґрунтом, єдиний реальний шлях – забезпечити формування зубців направленим спрацюванням профілю леза.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблема підвищення

зносостійкості ріжучих лез стала перед дослідниками з першого моменту виникнення ґрунтообробних агрегатів. В роботах [2-6] розкриваються причини нерівномірного спрацювання лез, пропонуються конструктивні і технологічні методи підвищення зносостійкості. Однак кінцевого вирішення на даний момент ця проблема не має, так як не висвітлені закономірності спрацювання деталей в абразивному середовищі.

Окрім цього різна інтенсивність спрацювання в кожній локальній зоні робочої поверхні деталей ґрунтообробних машин потребує перегляду технологій зміцнення, які на даному етапі застосовуються. Найбільш перспективними в цьому напрямку є технології в основу яких закладене використання концентрованих потоків енергії, а також ті, що використовують композиційні матеріали для формування зміцнюючих покриттів [7].

Мета досліджень. Визначити показники надійності та зносостійкості конструкції стрілкової лапи, оснащеної елементами локального зміцнення робочої поверхні.

Виклад основного матеріалу. Польові дослідження були проведені з метою встановлення закономірностей спрацювання культиваторних лап, оснащених елементами локального зміцнення.

Елементи зміцнення виконані сплавом ПГ-СР4 (ГОСТ 21448-75).

Для контролю спрацювання між елементами зміцнення були виконані лунки (рис. 1) твердімом ТШ-2М (ГОСТ 13406-67). Діаметр лунок визначався мікроскопом типу МПБ-2 (рис. 2); товщина леза в місцях лунок замірювалась мікрометром.



Рис. 1. Експериментальний зразок стрілкової лапи

У зв'язку з тим, що мікроскоп неможливо встановити безпосередньо на поверхню, то між лункою і оптичною системою буде зазор. У процесі замірів буде систематична похибка. Так як похибка буде постійною і не перевищить 3...4 % нею нехтуємо.

Для досліджень були представлені наступні варіанти виконання лап:

1) традиційна форма культиваторної лапи (рис. 3, *a, б*) з наступними параметрами: кут розхилу крил, $2\gamma_0 = 73^\circ$; кут постановки крил у горизонтальній площині, $\alpha = 28^\circ$; ширина захвату, $b = 270$ мм; крок елементів

зміцнення по лезу, $h_e = 40$ мм; кут нахилу локальних елементів зміцнення до леза лапи $\varepsilon = 20...30^\circ$.

2) складова поверхня культиваторної лапи (рис. 4, в,г) з наступними параметрами: кут розхилу крил, $2\gamma_0 = 73^\circ$; кут постановки крил в горизонтальній площині, $\alpha = 28^\circ$; ширина захвату, $b = 270$ мм; крок елементів зміцнення по лезу, $h_e = 40$ мм; кут нахилу локальних елементів зміцнення до леза лапи $\varepsilon = 20...30^\circ$; радіус носка лапи $R = 20...40$ мм.



Рис. 2. Робочий процес визначення діаметру лунок

Полеві дослідження проводились на території Дніпропетровської області в господарствах різних форм власності.

Довжина дуги зуба замірювалась між локальними елементами зміцнення. Фотографії зубів, що утворилися в результаті напрацювань представлені на рис.4. Значення довжини дуги зуба приведені в табл. 1.

Як видно з таблиці, при невеликому напрацюванні лап до 10 га довжина дуги L_s мало залежить від напрацювання. Так, при куті постановки елементів зміцнення $\varepsilon = 20^\circ$, і напрацювання на лапу $S_n = 5$ га довжина дуги рівна 41,5мм, що незначно відрізняється від кута постановки елементів $\varepsilon = 25^\circ$ і $\varepsilon = 30^\circ$.

Таблиця 1 Довжина дуги зуба L_s при $h_e = 40$ мм

№ п/п	Напрацювання на лапу S_n , га	Кут встановлення елементів зміцнення ε , град.		
		20	25	30
1	0	40,0	40,0	40,0
2	5	41,5	41,0	42,2
3	10	42,0	41,5	42,5
4	15	43,5	44,2	43,6
5	20	47,5	52,7	48,2

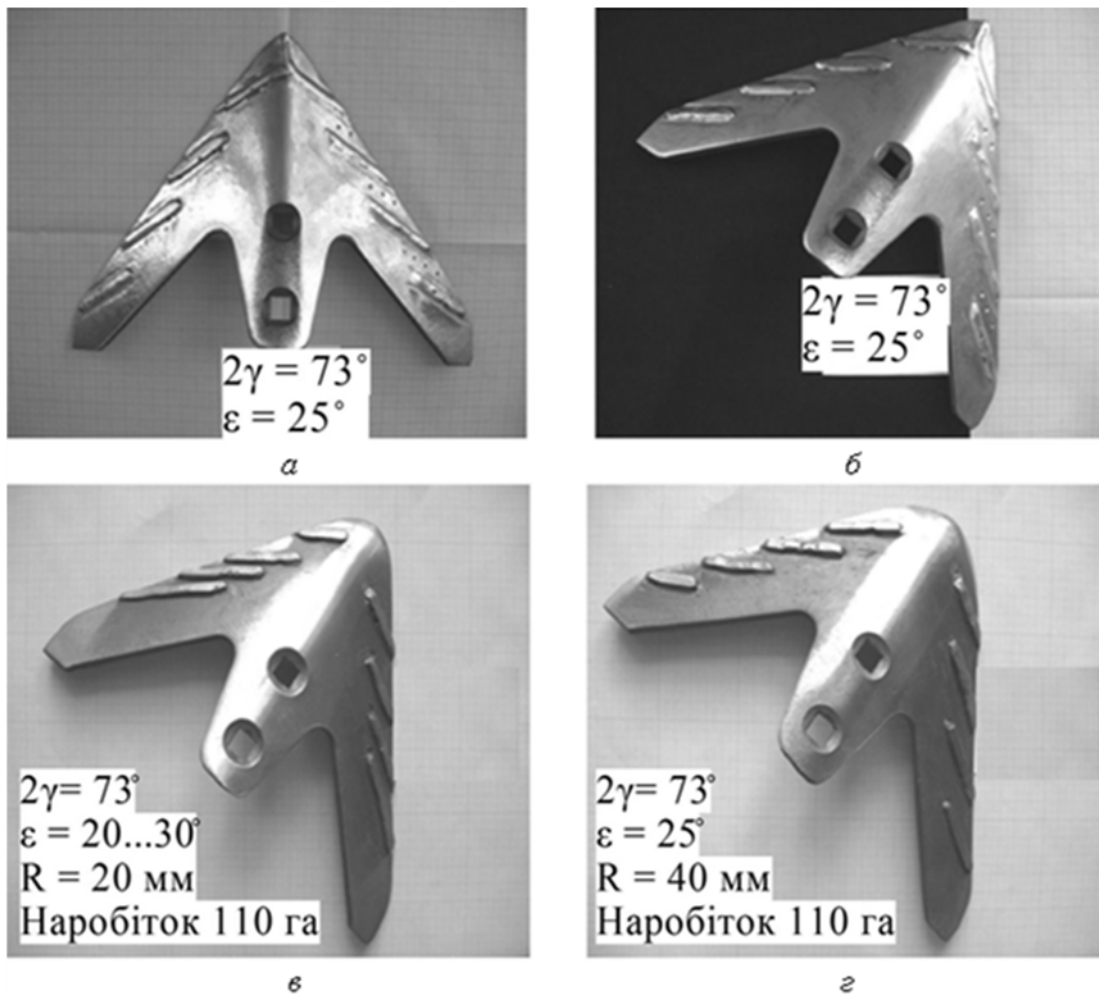


Рис. 3. Варіанти виконання культиваторних лап

a, б – традиційна форма культиваторної лапи; *в, г* – складова поверхня культиваторної лапи.

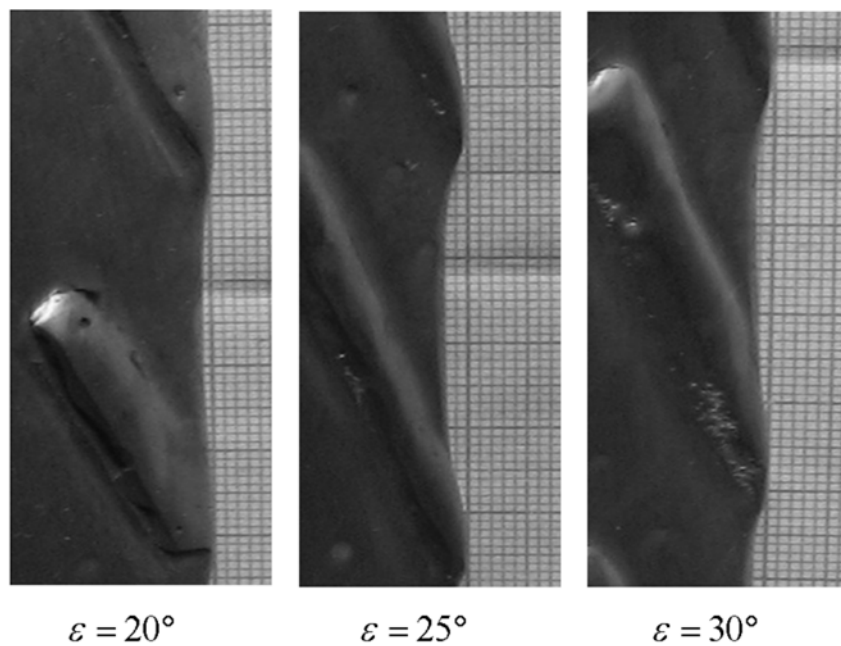


Рис. 4. Формування зубів при напрацюванні 20 га з різними кутами нахилу елементів зміцнення до леза лапи

Суттєві розбіжності в довжині дуги починають проявлятися при напрацюванні лапи більше 15 га. Найбільше збільшення дуги відбувається при куті $\varepsilon = 25^\circ$. При $S_n = 20$ га і $\varepsilon = 25^\circ$ $L_s = 52,7$ мм, у той час як для $\varepsilon = 20^\circ$ і $\varepsilon = 30^\circ$ відповідно $L_s = 47,5$ і $L_s = 48,2$ мм.

Для встановлення характеру спрацювання профілю зуба приймаємо наступні значення: коефіцієнт, що визначає абразивну стійкість матеріалу $K_u = 0,9 \text{ Н}^{-1}$ [8], глибина обробітку $a = 0,1$ м, питоме зчеплення часток ґрунту $C_{num.} = 400 \text{ Н/м}^2$ [9], кут постановки крила лапи до горизонту $\alpha = 28^\circ$, максимальний кут тертя ґрунту по сталі $\varphi_1 = 36,5^\circ$ [109], максимальний кут внутрішнього тертя ґрунту $\varphi_2 = 35^\circ$ [109]. Отримані залежності, приведені у вигляді графіків на рис. 5.

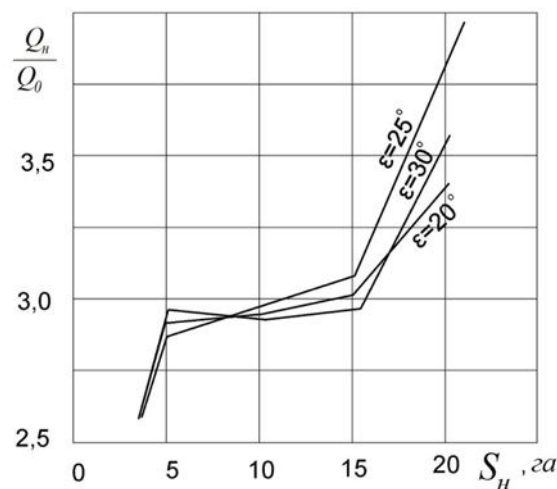


Рис. 5. Графіки залежності зносу у функції напрацювання лапи

Як видно з графіка, при напрацюванні до 5 га спрацювання різко збільшується, потім з 5 до 10 га спрацювання залишається практично постійним, незалежно від кута ε встановлення елементів зміцнення. Підвищене спрацювання в початковий момент часу пояснюється формуванням профілю зуба, який в подальшому залишається постійним. Починаючи з 15 га, спрацювання залежить від кута встановлення елементів зміцнення. Для кута

$\varepsilon = 20^\circ$ відношення $\frac{Q_n}{Q_0} = 3,40$, для $\varepsilon = 30^\circ$, $\frac{Q_n}{Q_0} = 3,56$, а для $\varepsilon = 25^\circ$,

$\frac{Q_n}{Q_0} = 4,48$. Підвищення залежності спрацювання від кута ε можна пояснити

відбиттям потоку ґрунту, що прилягає до поверхні, від елемента зміцнення.

Таким чином, мінімальне спрацювання профілю зуба буде відбуватись при куті встановлення локальних елементів зміцнення $\varepsilon = 20^\circ$.

Висновки.

1. За результатами досліджень були визначені оптимальні конструктивні параметри робочих поверхонь: кути постановки до напрямку руху та відстань між смугами, зносостійкого матеріалу.

2. Висота елементів локального зміцнення збільшує зону граничного ефекту, це дає можливість розташовувати останні із значним інтервалом, що в свою чергу підвищує технологічність виготовлення.

3. Дослідження зносу за методикою нанесення лунок є достатньо ефективним показником, який може бути використаний при дослідженні інших ґрунтообробних знарядь.

Список використаних джерел

1. *Денисенко М.І., Войтюк В.Д.* Самозаточуючі робочі органи ґрунтообробної та бурякозбиральної техніки // II Міжнародна виставка сільського господарства. – Інтер АГРО. – 2006.
2. *Бобрицький В.М.* Вплив параметрів різальних елементів на енергетичні характеристики ґрунтообробних машин / *В.М. Бобрицький* // Вісник Тернопільського державного технічного університету ім. І. Пулюя. – 2007. – Т. 12. – № 1. – С. 86–91.
3. *Рабинович А.Ш.* Элементарная теория и методика проектирования самозатачивающихся почворезущих лезвий / *А.Ш. Рабинович* // Тракторы и сельхозмашины. – 1961. – № 10. – С. 24–27.
4. *Рабинович И.П.* Изыскание путей повышения износостойкости лемехов / *Рабинович И.П.* // Повышение долговечности рабочих деталей почвообрабатывающих машин. – М. : Машгиз, 1960. – 217 с.
5. *Ткачев В.Н.* Работоспособность деталей машин в условиях абразивного изнашивания / *Ткачев В.Н.* – М. : Машиностроение, 1995. – 336 с.
6. *Саінсус О.Д.* Підвищення довговічності лап культиваторів композиційними покриттями перемінного складу : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук / *О.Д. Саінсус.* – Кіровоград, 2008. – 21 с.
7. *Солових Є.К.* Аналіз характеру зношування лез ґрунторіжучих деталей та підвищення їх ресурсу лазерними технологіями / *Є.К. Солових, В.В. Аулін, В.М. Бобрицький* // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. – Кіровоград : КНТУ, 2005. – Вип. 35. – С. 153–157.
8. Износ деталей сельскохозяйственных машин / *Севернев М.М., Каплун Г.П., Короткевич В.А.* [и др.]. – М. : Колос, 1972. – 288 с.
9. Повышение долговечности лемехов и отвалов / [*Кирюхин В.Г.* и др.] // Тракторы и сельхозмашины. – 1988. – № 6. – С. 40–45.

Аннотация

ПОЛЕВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ИЗНОСА КУЛЬТИВАТОРНЫХ ЛАП С ЛОКАЛЬНЫМ УПРОЧНЕНИЕМ

Кобец А.С., Кобец А.Н., Пугач А.Н.

Приведены результаты полевых исследований износа культиваторных лап оснащенных элементами локального упрочнения. Определены оптимальные

конструктивные параметры. Приведена методика определения интенсивности износа материала лапы.

Abstract

FIELD EXPERIMENTS' OF CULTIVATOR TOOTH FORTIFICATION

A. Kobets, A. Kobets, A. Pugach

The results of field experiments of cultivator tooth depreciation equipped with elements of local fortification are given. The optimal constructive parameters are determined. The methods of defining the intensity of cultivator tooth material depreciation are listed.

УДК 631.362

ДО ОБҐРУНТУВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ПНЕВМАТИЧНОГО СЕПАРАТОРА З НАХИЛЕНИМ ПОВІТРЯНИМ КАНАЛОМ В ЯКОСТІ МАШИНИ ПОПЕРЕДНЬОЇ СЕПАРАЦІЇ НАСІННЄВИХ СУМІШЕЙ МОРКВИ

Бакум М.В. к.т.н., проф., Крекот М.М. асист., Абдуєв М.М. к.т.н., доц., Вотченко О.С. доц., Шептур О. А. к.т.н., доц., Могільний М.В. студ.

Наведені результати обґрунтування ефективності використання пневматичного сепаратора з нахиленим повітряним каналом та нерівномірним повітряним потоком по його висоті в якості машини попереднього очищення насіннєвих сумішей моркви з виділенням частини суміші яку недоцільно доочищувати.

Насіння моркви, як і більшості овочевих культур, відноситься до дрібнонасіннєвих матеріалів. Машинне збирання насінників таких культур пов'язане із значною засміченістю насіннєвого вороху. Який надходить на очищення. Слід зазначити, що більше 50% бункерної маси зібраного врожаю становлять легкі домішки – подрібнені часточки насіння суцвіть та стебел. Вони як за аеродинамічними показниками так і за розмірами змінюються у значних межах, що значно ускладнює післязбиральну обробку насіннєвого матеріалу.

В спеціалізованих насінницьких господарствах підготовка насіннєвого матеріалу овочевих культур виконується на технологічних комплексах сімейства КОС до складу яких входять насіннеочисні машини з повітряно-решетно-трієрними робочими органами. Додаткова сепарація насіннєвих сумішей овочевих культур виконується на пневмосортувальних столах, електромагнітних або віброфрикційних сепараторах [1-3]. В процесі підготовки посівного матеріалу на технологічних лініях вихідний матеріал проходить послідовну обробку на всіх робочих органах насіннеочисних машин з

послідовним відокремленням частини домішок у відходів фракції. Якщо за один пропуск не вдається доочистити матеріал до вимог стандарту, виконують повторну доочистку на всій лінії, або окремих спеціальних машинах для доочищення насіння від важковідокремлюваного насіння бур'янів та домішок. За такою технологією післязбиральної обробки зернової частини врожаю отримують значну кількість різних відходів фракцій, які включають крім домішок і якусь кількість насіння основної культури, на одну (інколи декілька, що сформовуються на останній насіннеочисній машині) цільову фракцію [1-3]. В таких технологіях пневматичний сепаратор з нахиленим повітряним каналом може використовуватися як в якості спеціальної машини попереднього очищення так і спеціальної машини для додаткової сепарації насінневого матеріалу цільової фракції, або окремих її складових [4].

Обґрунтування ефективності використання пневматичного сепаратора з нахиленим повітряним каналом та нерівномірним повітряним потоком по його висоті в якості машини для попередньої сепарації насінневих сумішей моркви з виділенням фракцій які в подальшому доочищувати недоцільно.

Вихідним матеріалом для досліджень була насіннева суміш моркви сорту Нантська Харківська першої репродукції. Вміст насіння основної культури у вихідному матеріалі становив 24,44%, легких домішок (подрібнені стебла та суцвіття) – 75,48%, грудочок ґрунту та пилу 0,02%, насіння бур'янів – 0,06%, в тому числі проса курячого 37 шт/кг, гірчака льонового 6 шт/кг, гірчака березковидного 4 шт/кг, мишію сизого 22 шт/кг, щиріці звичайної 814 шт/кг та 15 шт/кг інших бур'янів. Насіння основної культури мало такі показники: маса 1000 насінин 0,61г, енергія проростання 11,49% а схожість 25,91%. Насіннева суміш моркви не відповідала вимогам державного стандарту.

Згідно ДСТУ 2240-93 в кондиційному посівному матеріалі моркви першої репродукції, вміст насіння основної культури повинен бути мінімум 93%, насіння інших культурних рослин не більше 0,3% і насіння бур'янів теж не більше 0,3%. Схожість насіння основної культури повинна бути не нижчою 65%.

Насіннева суміш моркви сорту Нантська Харківська першої репродукції, аналіз якого наведений раніше, очищувалась на пневматичному сепараторі з нахиленим повітряним каналом, що призначений для очищення і сортування дрібнонасінневих в тому числі овочевих культур (4).

Виробничі випробування сепаратора проводились при таких установочних і кінематичних параметрах: кут нахилу повітряного каналу до горизонту – 45°; ширина каналу 100 мм; середня швидкість повітряного потоку в каналі – 4,9 м/с; поворотні пластини проставки встановлені таким чином, щоб створювався нерівномірний по висоті каналу повітряний потік: більш інтенсивний у верхній частині каналу ($V=6,5$ м/с) і помірніший в нижній частині ($V=3,3$ м/с); подача вихідного матеріалу в повітряний канал становила в середньому 160 кг/год.

Результати сепарації насіння моркви сорту Нантська Харківська першої репродукції на пневматичному сепараторі приведені в таблиці.

Аналіз результатів розділення показує, що в перший приймач виділилось

41,15% від маси вихідної суміші. Вміст насіння основної культури цієї фракції становить 63,59%, що на 39,15% вище чим у вихідному матеріалові, але на 34,41% нижче вимог стандарту. Насіння основної культури в цю фракцію виділилось з найвищими посівними якостями: маса 1000 насінин 0,89 г, що на 0,28 г вища насіння вихідного матеріалу; його енергія проростання вища на 6,50%, а схожість на 12,70% і становлять , відповідно, 18,00% і 38,70%, що значно нижче вимог стандартів на посівний матеріал. Домішки в першій фракції склали 36,32% від її маси, причому 36,27% становили подрібнені кусочки стебел, а 0,05% грудочки ґрунту. Крім того, до першого приймача виділилась найбільше насіння щиріці звичайної 1255 шт/кг, все насіння гірчака березковидного 20 шт/кг, а також гірчака льонового 20 шт/кг, проса курячого 40 шт/кг, і мишію сизого 61 шт/кг.

Таблиця – 1 Результати очистки насіння моркви сорту Нантська Харківська на модернізованому пневматичному сепараторові з нахиленим повітряним каналом

Показники	Вихідний матеріал	Фракції		
		I	II	III-V
Розподіл матеріалу за фракціями, %	100	41,15	21,03	37,82
Вміст насіння основної культури, %	24,44	63,59	32,75	0,39
Маса 1000 насінин, г	0,61	0,89	0,51	0,37
Енергія проростання, %	11,50	18,00	14,70	2,70
Схожість насіння, %	25,90	38,70	32,00	8,70
Вміст подрібнених стебел і суцвіть, %	75,48	36,27	67,14	99,57
Вміст насіння бур'янів всього, %	0,06	0,09	0,10	0,04
в тому числі, шт./кг				
щиріці звичайної	814	1255	979	535
гірчака льонового	6	20	47	–
гречишки березковидної	4	20	–	–
проса курячого	37	40	140	65
мишію сизого	22	61	140	11
інших бур'янів	15	–	–	44
Вміст грудочок ґрунту, %	0,02	0,05	–	–
Якість посівного матеріалу	Некондиційний			

До другого приймача виділилось насінневого матеріалу 21,03% від маси вихідної суміші. Вміст насіння основної культури цієї фракції становить 32,75%, що на 8,31% вище чим у вихідному матеріалові та на 30,84% нижче ніж у першому приймачі. Маса 1000 насінин моркви цієї фракції 0,51 г, що на 0,1 г вища насіння вихідного матеріалу, але на 0,38 г менша насіння першої фракції.

Енергія проростання і схожість моркви цієї фракції теж вищі ніж у насіння вихідного матеріалу, відповідно, на 3,20 і 6,10%, але нижчі від насіння першої фракції. Подрібнених стебел у перший приймач виділилося 67,14%, що на 30,87% більше ніж у першому приймачі. Насіння бур'янів до другої фракції виділилося найбільше (0,10%), з них щиріці звичайної 979 шт/кг, а також найбільша кількість гірчака льонового 47 шт/кг, проса курячого 140 шт/кг, і мишію сизого 140 шт/кг. За всіма показниками, крім вмісту насіння бур'янів, насіннєвий матеріал другої фракції не відповідав вимогам державного стандарту.

Найлегші компоненти вихідного матеріалу виділилися до третього, четвертого і п'ятого приймачів. Сумарна маса цих фракцій становить 37,82% від маси вихідного матеріалу. Більшу частину цих фракцій становлять легкі домішки – 99,57% від сумарної маси об'єднаних фракцій. Слід зазначити, що насіння моркви в ці фракції відсортувалось, за посівними якостями, найгірше. Його маса 1000 насінин лише 0,37 г, що на 0,24 г менше насіння вихідного матеріалу, а схожість всього 8,70%, що аж на 71,30% нижча вимог стандарту. Також в ці фракції потрапила найменша кількість насіння бур'янів, щиріці звичайної 535 шт/кг, мишію сизого 11 шт/кг, проса курячого 65 шт/кг, а також інших бур'янів 44 шт/кг.

Для визначення економічної ефективності використання пневматичного сепаратора з нахиленим повітряним каналом в якості машини попередньої сепарації насіннєвих сумішей моркви сорту Нантська харківська виконані розрахунки економічних показників.

Згідно цін на сільськогосподарську продукцію, що склалися на внутрішньому ринку України кондиційне насіння моркви коштувало 120 грн/кг. Собівартість вирощеного ІОБ УААН насіння моркви становило 52,44 грн/кг, але при збиранні до насіння відокремилось 75,48% подрібнених стебел і 0,02% грудочок ґрунту а також насіння бур'янів 0,06%, це збільшило масу зібраного матеріалу на 75,56%. Ціна зібраного насіннєвого матеріалу таким чином зменшилась на 75,56% і становить:

$$Ц_z = \frac{C \cdot M_n}{100}$$

де C – собівартість вирощування насіння моркви ІОБ УААН $C = 52.44$ грн/кг;

M_n – вміст насіння культури у вихідному матеріалі, кг.

$$Ц_z = \frac{52,44 \cdot 79,56}{100} = 12,81 \text{ грн/кг.}$$

Виходячи з цього можна стверджувати, що в результаті додаткового сепарування насіння одержано 62,18%, від маси вихідного матеріалу, більш високої якості, ціна реалізації якого більш висока, але 37,82% маси вихідного матеріалу одержали нижчої якості, який коштує дешевше. Крім того сортування насіння моркви потребує додаткових капіталовкладень, хоча при

цьому зменшується витрати на подальшу сепарацію насінневої суміші.

Таким чином економічний ефект від застосування пневматичного сепаратора на сортуванні насіння моркви можна визначити за залежністю:

$$E = C_{\partial} - B \cdot W_{np} - C_{\bar{o}} + (B_2 - B) \cdot W_{np}, \text{ грн.} \quad (1)$$

де $C_{\partial}, C_{\bar{o}}$ – грошовий виборг від реалізації продукції, відповідно, після доочищення на пневматичному сепараторі і по базовому варіантові, грн;

B – приведені витрати на доочищення насіння пневматичним сепаратором, грн/т;

B_2 – приведені витрати на остаточну очистку насіння сепаратором господарства, грн/т;

W_{np} – об'єм матеріалу, який доочищувався на сепараторі, т.

Приведені витрати на доочищення насіння пневматичним сепаратором визначали за залежністю:

$$B = O_n + H_{on} + B_e + B_{mo} + A_c + B_{zc}, \text{ грн/т}$$

де O_n – оплата праці обслуговуючого персоналу, грн/т;

H_{on} – нарахування на оплату праці, грн/т;

B_e – вартість електроенергії, грн/т;

B_{mo} – витрати на технічне обслуговування і ремонт сепаратора, грн/т;

A_c – амортизаційні відрахування (на реновацію), грн/т;

B_{zc} – витрати на зберігання сепаратора, грн/т.

Розраховані у відповідності з нормативними документами приведені затрати на доочищення однієї тони насіння моркви пневматичним сепаратором становлять:

$$B = 203,95 \text{ грн./т.}$$

Грошовий виборг від реалізації доочищеного насіння моркви дорівнює:

$$C_{\partial} = M_o \cdot C_o + M_{\bar{o}} \cdot C_{\bar{o}}, \text{ грн.}$$

де $M_o, M_{\bar{o}}$ – маса одержаного після сепарації насіння моркви, відповідно, очищеного і відходів;

$C_o, C_{\bar{o}}$ – ціна насіння моркви, відповідно, очищеного і відходів.

$$C_{\bar{o}} = C \cdot \frac{M_{\bar{H}\bar{B}}}{M_{\bar{o}}} \text{ грн./кг.}$$

$$C_o = C \cdot \frac{M_{HO}}{M_o} \text{ грн./кг.}$$

$M_{нв}, M_{но}$ - вміст насіння моркви відповідно у відходах і очищеній фракції.

$$C_{\theta} = 52,44 \cdot \frac{0,06}{15,81} = 0,20 \text{ грн./кг};$$

$$C_{\theta} = 52,44 \cdot \left(\frac{10,93}{17,2} + \frac{2,87}{8,79} \right) = 27,87 \text{ грн./кг.}$$

Тоді:

$$C_{\theta} = 15,81 \cdot 0,20 + 25,99 \cdot 27,87 = 927,14 \text{ грн.}$$

Грошовий виторг, який отримало б господарство від реалізації насіння моркви без додаткової очистки на пневматичному сепараторові:

$$C_{\theta} = M_{\theta} \cdot C_{\theta}, \text{ грн.}$$

$$C_{\theta} = 41,8 \cdot 12,81 = 535,72 \text{ грн.}$$

Приведені витрати на остаточне очищення насіння сепаратором господарства визначаємо за залежністю:

$$B_2 = O_n + H_{on} + B_e + B_{то} + A_c + B_{зс}, \text{ грн./т.}$$

Результати розрахунків показали, що приведені затрати на доочищення однієї тони насіння моркви сепаратором господарства становлять:

$$B_2 = 2642,88 \text{ грн./т.}$$

Підставляючи визначені показники у рівняння (1) одержимо значення економічного ефекту від застосування пневматичного сепаратора в якості машини попередньої сепарації насіння моркви сорту Нантська Харківська:

$$E = 927,14 - 203,95 \cdot 0,0418 - 535,72 + (2642,88 - 203,95) \cdot 0,0418 = 484,84 \text{ грн.}$$

Висновки. Результати розрахунків підтверджують доцільність використання пневматичного сепаратора для попередньої сепарації насіння моркви, адже одержано 62,18%, від маси вихідного матеріалу, насіння моркви схожість і чистота якого значно вищі ніж у вихідному матеріалі, що суттєво спрощує доочищення матеріалу на решітних сепараторах і забезпечує не лише покриття затрат на попереднє очищення, а і одержання економічної ефективності більше 484,84 грн в розрахунку на масу обробленої суміші.

Список використаних джерел

1. Кулагін М.С., Соловьев В.М., Желтов В.С. Механизация послеуборочной обработки и хранения зерна и семян. – М.: Колос, 1979.-256 с.
2. Яковенко К.І., Горова Т.К., Ящук А.І. та інш. Сучасні технології в овочівництві / За редакцією К. І. Яковенка. – Харків: ІОБ УААН, 2001. – 128 с.

3. Заїка П. М. Вибрационные семеочистительные машины и устройства. – М: МИИСП, 1981. – 142с.
4. Бакум М.В., Крекот М.М., Абдуев М.М. та інш. Дослідження можливості дослідження посівних властивостей насіння дині // Механізація сільськогосподарського виробництва: Вісник ХНТУСГ. – Харків:ХНТУСГ, 2004. – Вип. 93, Т. 1. – С. 82 – 88.
4. Патент України, МПК (2006) В07В13/04. спосіб інтенсифікації післязбиральної обробки зернової частини врожаю / Бакум М.В. - №200600598: опубл 15.09.2006. Бюл. №9 – 3с.
6. Мазнев Г.Є., Турченко М.М., Щетінін М.Д. Економічне обґрунтування інженерних рішень в сфері АПК: Навчальний посібник – Харків: ХДТУСГ, 2001. – 401 с.

Аннотация

ОБ ОБОСНОВАНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПНЕВМАТИЧЕСКОГО СЕПАРАТОРА С НАКЛОННЫМ ВОЗДУШНЫМ КАНАЛОМ В КАЧЕСТВЕ МАШИНЫ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ СЕПАРАЦИИ СЕМЕННЫХ СМЕСЕЙ МОРКОВИ

Бакум Н. В., Крекот Н. Н., Абдуев М. М., Вотченко А. С., Шептур А. А., Могильный Н. В.

Приведены результаты обоснования эффективности использования пневматического сепаратора с наклонным воздушным каналом и неравномерным воздушным потоком по его высоте в качестве машины предварительной очистки семенных смесей моркови с выделением части смеси которую нецелесообразно дочищать.

Abstract

THE RATIONALE FOR THE EFFECTIVENESS OF USING A PNEUMATIC SEPARATOR WITH INCLINED AIR CHANNEL AS A CAR PROVISIONAL SEPARATION OF MIXTURES OF CARROT SEED

Bakum N. V., Krekot N. N., Abduev M. M., Votchenko A. S., Sheptur A. A., Mogilnuy N. V.

The results justify the effectiveness of using a pneumatic separator with inclined air channel and uneven air flow at its height as a machine pre-treatment of carrot seed mixtures with separation of the mixture which is impractical trimmed.

ЗАКОНОМІРНОСТІ ВТРАТ НАСІННЯ ПРИ ОЧІСУВАННІ СТЕБЕЛ В ЛЬОНОЗБИРАЛЬНОМУ КОМБАЙНІ

Лімонт А.С., к.т.н.

Житомирський національний агроекологічний університет

Проаналізовані втрати насіння при збиранні льону-довгунця комбайнами та залежності числа прочісування стебел гребенями очісувального барабана. Наведені закономірності втрат насіння від недоочісування стебел залежно від швидкості руху агрегату і висоти брання льону-довгунця.

Постановка проблеми. Переважно у виробничих умовах льон-довгунець вирощують для одержання волокна і насіння. З насіння одержують олію, ступінь засвоєння якої сягає 94,5%. Олію застосовують у консервному, маргариновому і кондитерському виробництвах. Йодне число олії 170–200 і тому її використовують для виготовлення фарб, лаків, високоякісної оліфи і замазок. Олію використовують в електротехнічній, гумовій, шкіряній, паперовій, миловаренній і фармацевтичній галузях промисловості та в медицині. При переробці 100 кг насіння одержують 65–70 кг макухи, яка містить 6–12% жиру і до 38% білка та є цінним кормом для сільськогосподарських тварин. В 1 кг макухи 1,15 кормових одиниць, 260–285 г перетравного протеїну, 4,3 г кальцію, 8,5 г фосфору та 2 мг каротину. 1 кг лляної полови містить 0,27 кормових одиниць та 20 г перетравного протеїну і її використовують для годівлі тварин [3, 9]. Зважаючи на таку застосовуваність продукції переробки насіння льону-довгунця у пропонованому повідомленні передбачено з'ясувати деякі з питань проблеми механізованого збирання цієї культури, впровадження яких у виробництво сприятиме збільшенню валових зборів насіння.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. При комбайновому збиранні льону-довгунця розрізняють втрати насіння за бральним апаратом і в очісаній соломі. За бральним апаратом втрати розподіляють на втрати вільним насінням, у відірваних коробочках та в коробочках на втрачених стеблях. В очісаній соломі розрізняють втрати вільним насінням, у відірваних та в неочісаних коробочках. Останню складову втрат характеризують як втрати від недоочісування стебел очісувальним апаратом. Крім перерахованих втрат втрати насіння при комбайновому збиранні зумовлені і вильотом насінних коробочок через вікна камери очісування та винесенням коробочок нижньою поверхнею стрічки стебел при русі по розстиляльному щиту. Втрати насіння при збиранні льону-довгунця комбайнами залежать і від строків збирання за фазами стиглості культури [14].

В льонозбиральних комбайнах за частоти обертання очісувального барабана 226 хв⁻¹ чистота очісування становила 93...95%, за частоти 285 хв⁻¹ – 99%, а частоти 287 хв⁻¹ – 98% [8]. За даними [2] із підвищенням частоти

обертання очісувального барабана від 220 до 285 хв^{-1} чистота очісування зростала від 95 до 98%. Збирання зрідженого, короткостеблого і ярусного льону-довгунця рекомендовано [2] здійснювати за частоти обертання очісувального барабана 285 хв^{-1} . Така частота обертання рекомендована і при збиранні льону-довгунця у фазах ранньої жовтої і жовтої стиглості. Для збирання льону-довгунця у фазі повної стиглості рекомендовано зменшувати частоту обертання очісувального барабана до 256 хв^{-1} .

За результатами психологічного експерименту, що полягав у визначенні втрат насіння при сноповій, роздільній та комбайновій технологіях збирання, найменш витратним виявилось комбайнове збирання льону-довгунця [7]. При цьому коефіцієнт конкордації становив 0,750 і виявився значущим за розрахункового χ^2 -критерію 9,00 у порівнянні з табличним на рівні значущості 0,05, який за числа ступенів вільності 2 становив 5,99. Проте втрати насіння і при комбайновій технології сягали 11,9%.

За дослідженнями [14] при швидкості комбайнового агрегату в межах 5,72...9,68 км/год втрати насіння розподіляються так: за бральним апаратом – 26,0...32,5%, а в очісаній соломі – 67,5...74%. При цьому втрати насіння в неочісаних коробочках коливалися в межах 3,23...5,82%. Найкраще очісування за даними М.Н. Бикова [2] при збиранні льону із середньою висотою 630 мм було за висоти брання 250 мм. Із зменшенням висоти брання очісування погіршувалося із-за недоочісування верхньої частини стебел, а із збільшенням висоти брання – недоочісувалась середня частина стебел. Із підвищенням швидкості руху від 1,64 до 13,6 км/год чистота очісування зростала. Залежно від висоти брання і швидкості руху комбайна чистота очісування орієнтовно коливалась в межах 78,0...97,0%.

Стан вивчення впливу швидкості руху комбайна на очісування льону-довгунця такий, що не дозволяє дати чітких рекомендацій щодо вибору цієї швидкості, яка залежить і від густоти стеблостою перед збиранням [2]. Так, при збиранні не досить густого стеблостою з підвищенням швидкості руху шар стебел льону в затискному конвеєрі стає товстішим, що створює умови для кращого очісування. При збиранні більш загущених посівів з підвищенням швидкості руху надмірне ущільнення шару стебел в затискному конвеєрі негативно впливає на якість очісування. Тому це питання вимагає подальшого вивчення.

Максимальне відривання коробочок від стебел можливо за умови, що зона дії зубів очісувального барабана на стебла, яку називаються зоною очісування, було не менша зони розміщення коробочок на стеблах. Зона розміщення коробочок в очісуваній стрічці залежить від довжини стебел, їх розтягнутості, коробочності, довжини суцвіття та інших чинників, що формують розшарування стебел за їх довжиною в ланцюгу робочих органів від подільників до затискного конвеєра. Зуби гребенів очісувального барабана, що очісують стебла від коробочок, повинні наскрізь пронизувати шар стебел і не відхиляти їх. Вхід зубів в шар стебел, що передують пронизуванню і характеризує його, визначається кутом між осями стебла і зуба. Оптимальне значення кута може бути забезпечене відповідною установкою очісувального барабана та

регулюванням положення гребенів [4].

Якість очісування визначають довжина зони очісування і довжина так званої «мертвої зони», які є важливими параметрами очісувального апарата. Довжину зони очісування визначає шлях, який проходять зуби при повному їх зануренні в шар стебел за час очісування. Довжина «мертвої зони» – це відстань від передньої границі струмка затискного конвеєра до точки входження зубів в шар стебел. Чим більше довжина зони очісування і менша «мертвої» тим кращим є очісування і менше втрат коробочок. Довжину «мертвої зони» регулюють зміною нахилу зубів гребенів очісувального барабана поворотом ексцентрика. Щоб збільшити зону очісування, тобто зрушити її ближче до затискного конвеєра, зуби встановлюють з нахилом назад. Якщо зуби нахилиють вперед, то цим відсувають зону очісування від затискного конвеєра [4].

Належне очісування можливе за надійного утримання стебел від висмикування з проміжку між пасами затискного конвеєра, що забезпечується регулюванням тиску натискного ролика на затискні паси та за відповідної товщини шару стебел у вказаному проміжку [1].

Чистота очісування залежить і від числа діянь зубів гребенів очісувального барабана на одиницю довжини стрічки стебел, що знаходяться в затискному конвеєрі, за час проходження стеблами зони очісування [8]. В літературі зустрічаються різні залежності для визначення цього числа діянь, яке називають числом прочісувань. При цьому швидкість руху зуба щодо стебла називають швидкістю прочісування, а дію зубів на стебла, за якої коробочки відривають не зі всієї довжини зони очісування, а поступово частинами – поступовістю очісування [4]. Швидкість колового руху зубів очісувального барабана сучасних льонозбиральних комбайнів коливається в межах 7...9 м/с [11, 12, 13]. Тому предметом дослідження і аналізу були і залежності для визначення числа прочісувань стрічки стебел льону-довгунця за час їх перебування в очісувальній камері.

Мета дослідження полягала у підвищенні ефективності використання льонозбиральних комбайнів шляхом пізнання закономірностей втрат насіння при очісуванні стебел від насінних коробочок. *Завдання дослідження:* 1) проаналізувати залежності з визначення числа прочісувань стрічки стебел льону-довгунця в очісувальній камері комбайна; 2) дослідити втрати насіння від недоочісування стебел залежно від швидкості руху комбайна з урахуванням висоти брання льону-довгунця.

Об'єкт та методика дослідження. Досліджували процес очісування стебел в льонозбиральному комбайні ЛК-4Т та аналізували залежності для визначення числа прочісувань стрічки стебел льону-довгунця в очісувальному апараті. В дослідженні за результативну ознаку прийнято втрати насіння від недоочісування стебел, а за факторіальні – швидкість руху льонозбирального агрегату у складі трактора класу 1,4 і комбайна ЛК-4Т та висоту брання льону-довгунця. Втрати насіння від недоочісування, швидкість руху агрегату, висоту брання та густоту стеблостою визначали за методиками, що наведені в працях [5, 10]. Швидкість руху льонозбирального агрегату і висоту брання льону-

довгунця вибирали в межах, що наведені в технічній характеристиці комбайна, яка супроводжувала відповідну рекламну інформацію виготівника. Досліджували швидкості руху 6,2 км/год, 9,4 і 12,6 км/год та висоти брання 200 мм, 265 і 330 мм.

Обробка експериментальних даних здійснена на засадах дисперсійного аналізу та з використанням стандартних комп'ютерних програм. При цьому використана інформація з раніше проведених досліджень [6].

Результати досліджень. Число прочісування можна визначити з використанням залежності [13]:

$$n_{\text{пр}} - 1 = \frac{2(1-m)}{\text{tg}^2 \mu (1 + \text{ctg} \psi)}, \quad (1)$$

де: $n_{\text{пр}}$ – загальне число прочісування;

$m = 0,5 \dots 0,55$ – відношення довжини зони очісування стебла першим зубом B_0 до повної довжини зони очісування $B_{\text{зд}}$, що має дорівнювати сумі довжини зони розміщення коробочок в стеблостой на полі $B_{\text{нк}}$ та розтягнутості стебел льону-довгунця;

μ – кут нахилу осі очісувального барабана до осі затискного конвеєра;

ψ – кут між напрямком зуба і поверхнею стрічки льону-довгунця в очісувальній камері ($\psi_{\text{min}} = 60^\circ$, $\psi_{\text{max}} = 75^\circ 30'$, в комбайні ЛК-4М $\psi = 0,5 \pi$ [13]).

Установка барабана під кутом до напрямку руху стебел призводить до значного збільшення параметрів очісувального апарата та ускладнює компоновку інших робочих органів. Враховуючи це і якість очісування стебел, перевагу надають очісувальним апаратам з установкою осі барабана паралельно напрямку руху стебел, хоча при використанні таких апаратів спостерігається намотування стебел на гребені. В сучасних комбайнах використовують очісувальні апарати з кутом $\mu = 0^\circ$ [4]. За даними [13] $n_{\text{пр}} = 5,52$.

У праці [4] знаходимо таку залежність для визначення числа прочісування:

$$n_{\text{пр}} = \frac{n_{\text{об}} z_{\text{г}} L_{\text{г}}}{60 v_{\text{зк}}}, \quad (2)$$

де: $n_{\text{об}}$ – частота обертання вала очісувального барабана, хв^{-1} ($n_{\text{об}} = 226$ і 285 хв^{-1} в комбайнах ЛК-4Т і ЛКВ-4Т);

$z_{\text{г}}$ – число гребенів на барабані, шт. ($z_{\text{г}} = 4$);

$L_{\text{г}}$ – довжина гребеня, м ($L_{\text{г}} = 0,488$ м в комбайні ЛК-4А, $L_{\text{г}} = 0,494$ м в ЛК-4М, $L_{\text{г}} = 0,486$ м в ЛКВ-4Т);

$v_{\text{зк}}$ – швидкість подачі стебел затискним конвеєром, м/с ($v_{\text{зк}} = 1,54$ м/с в комбайні ЛКВ-4Т).

Для одержання чистоти очісування, що відповідає агротехнічним вимогам, $n_{\text{пр}} = 5 \dots 6$ [4].

В розрахунку на один зуб число прочісування за розробками проф. Г.А. Хайліса [15] можна визначити за формулою:

$$n'_{\text{пр}} = \frac{L_{\Gamma}}{v_{\text{зк}}} \cdot \frac{\omega_{\text{б}}}{2\pi} \cdot z_3 m_{\Gamma} = \frac{\omega_{\text{б}} z_3 z_{\Gamma} L_{\Gamma}}{2\pi v_{\text{зк}}} = \frac{z_{\Gamma} L_{\Gamma} z_3 \lambda_{\text{об}}}{2\pi R}, \quad (3)$$

де: $\omega_{\text{б}}$ – кутова швидкість обертання барабана, рад/с, $\omega_{\text{б}} = 23,5$ рад/с;
 $\omega_{\text{б}} = 29,6$ рад/с, $\omega_{\text{б}} = 29,8$ рад/с;
 z_3 – число зубів на гребені, шт., $z_3 = 26$ шт.;
 R – радіус кола, яке описують точки зубів барабана;
 $\lambda_{\text{об}} = R\omega_{\text{б}}/v_{\text{зк}}$ – показник кінематичного режиму очісувального апарата.

За [15] належна якість очісування забезпечується при $n'_{\text{пр}} = 120 \dots 150$.

Експериментальні дослідження проводили на ділянці льону-довгунця середньостиглого сорту у фазі ранньої жовтої стиглості при переході до жовтої. Густина стеблостою становила 1450 шт./м² за середньої висоти стебел 700 мм, а урожайність соломи і насіння дорівнювали відповідно 45,8 і 6,2 ц/га.

Закономірність зміни втрат насіння залежно від швидкості руху агрегату описується випуклими параболою другого порядку, в графічному поданні які наведені на рисунку.

Для оцінки наближення апроксимуючих кривих до експериментальних значень втрат насіння розраховували основні помилки вирівнювання та

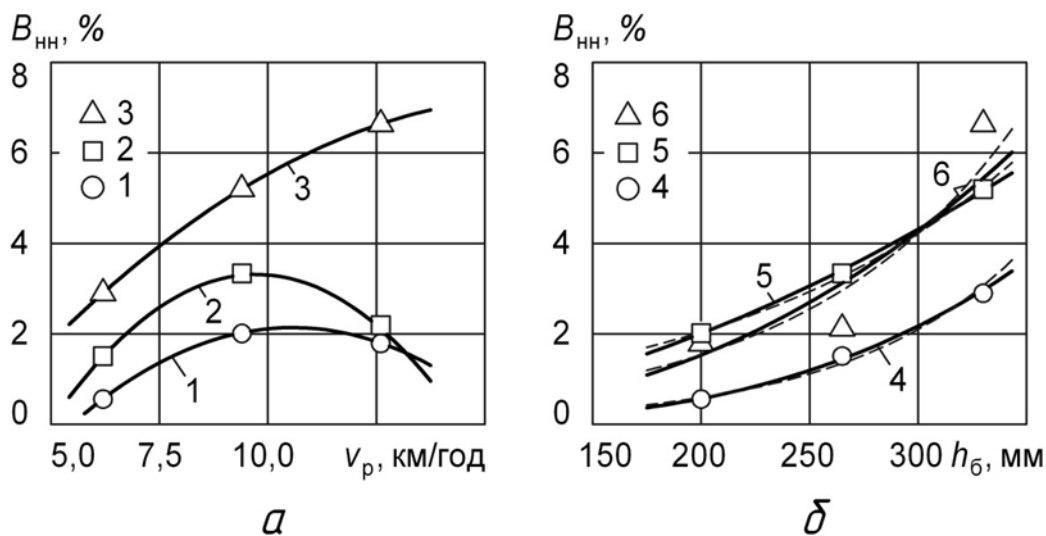


Рисунок – Зміна (а) втрат насіння від недоочісування $B_{\text{нн}}$ залежно від швидкості руху v_p агрегату та вплив (б) висоти брання $h_{\text{б}}$ на зміну втрат насіння від недоочісування $B_{\text{нн}}$:

1 – висота брання 200 мм; 2 – те ж 265 мм; 3 – висота брання 330 мм; 4 – швидкість руху агрегату 6,2 км/год; 5 – те ж 9,4 км/год; 6 – швидкість руху агрегату 12,6 км/год (на позиції «б» суцільна лінія – апроксимація степеневою функцією, пунктирна – показовою)

відношення цих помилок до середніх втрат насіння, що супроводжували використання комбайнів на відповідних швидкостях руху. Визначені відношення становили за висоти брання 200 мм, 265 і 330 мм відповідно 0,0048; 0,0276 і 0,00029, що значно менше числа 0,1, яке прийнято за умову задовільного вирівнювання. Дослідження параболічних рівнянь на екстремум показало, що при висотах брання 200 мм, 265 і 330 мм втрати насіння сягають максимального значення на швидкостях руху відповідно 10,5 км/год, 9,7 і 16,3

км/год. Проте останнє значення швидкості виходить за межі експерименту і не входить до діапазону швидкостей руху комбайна, передбачених його технічною характеристикою. З наведених на рисунку графіків зміни втрат насіння залежно від швидкості руху агрегату видно, що за умов досліду на висотах брання 200 і 265 мм надмірних втрат насіння не спостерігалось при зміні швидкості руху від 6,2 до 12,6 км/год. За висоти брання 330 мм зміна швидкості руху у щойно вказаних межах супроводжується всезростаючими втратами насіння і на вказаній висоті брання використовувати комбайн можливо лише на швидкості руху, що не перевищує 6,2 км/год.

Для з'ясування закономірності зміни втрат насіння залежно від висоти брання льону-довгунця комбайном з урахуванням швидкості його руху здійснено графічне подання експериментальних даних (рисунок, позиція «б»). За розміщенням точок на рисунку можна припустити, що зміна втрат насіння залежно від висоти брання може відбуватись за однією із залежностей, за якими $V_{\text{нн}}$ зростають із збільшенням h_b . Вирівнювання експериментальних даних втрат насіння здійснено за декількома апроксимуючими функціями. Результати розрахунку відповідних рівнянь регресії та R^2 -коефіцієнта, що визначає ступінь наближення апроксимуючих прогностичних функцій до експериментальних даних, наведені в таблиці.

Таблиця – Аналіз прогностичних функцій для визначення закономірності втрат насіння від недоочісування залежно від висоти брання з урахуванням швидкості руху комбайнового агрегату

Прогностична функція	Рівняння регресії	R^2 -коефіцієнт
	<i>Швидкість руху 6,2 км/год</i>	
Прямолінійна	$y = 0,018x - 3,113$	0,988
Степенева	$y = 1,495 \cdot 10^{-8} \cdot x^{3,295}$	0,998
Логарифмічна	$y = 4,613 \cdot \ln x - 23,986$	0,968
Показова	$y = 0,0472 \cdot 1,01273^x$	0,986
Експоненціальна	$y = 0,0472 \exp(0,0126502x)$	0,986
	<i>Швидкість руху 9,4 км/год</i>	
Прямолінійна	$y = 0,0245x - 2,962$	0,991
Степенева	$y = 9,284 \cdot 10^{-5} \cdot x^{1,884}$	0,999
Логарифмічна	$y = 6,274 \cdot \ln x - 31,355$	0,972
Показова	$y = 0,47636 \cdot 1,0073001^x$	0,999
Експоненціальна	$y = 0,47636 \exp(0,0072735x)$	0,999
	<i>Швидкість руху 12,6 км/год</i>	
Прямолінійна	$y = 0,037x - 6,347$	0,811
Степенева	$y = 2,312 \cdot 10^{-6} \cdot x^{2,5299}$	0,809
Логарифмічна	$y = 9,30334 \cdot \ln x - 48,11777$	0,753
Показова	$y = 0,2047835 \cdot 1,010148^x$	0,862
Експоненціальна	$y = 0,2047835 \exp(0,010083x)$	0,862

Аналіз таблиці свідчить, що за R^2 -коефіцієнтом найкраще вирівнювання експериментальних даних на швидкості руху 6,2 км/год забезпечується у разі їх апроксимації степеневою функцією. На швидкості руху 9,4 км/год вирівнювання за степеневою, показовою і експоненціальною функціями забезпечують однакову і найкращу ступінь наближення до експериментальних

даних, а на швидкості 12,6 км/год – найкраще вирівнювання забезпечують показова і експоненціальна функції. На рисунку (позиція «б») наведені криві, що графічно інтерпретують степеневі і показові функції зміни $B_{\text{нн}}$ залежно від $h_{\text{б}}$. З наведених кривих виразно видно їх збіг на всьому діапазоні зміни висоти брання та досліджуваних швидкостях руху.

Визначення відношення основних помилок вирівнювання до середніх значень втрат насіння на відповідних швидкостях руху залежно від висоти брання показало наступне. У разі вирівнювання за показовими функціями на швидкостях руху 6,2 км/год, 9,4 і 12,6 км/год відношення дорівнювали відповідно 0,099; 0,018 і 0,246. Вирівнювання за степеневими функціями забезпечили на тих же швидкостях руху такі значення вказаного відношення: 0,042; 0,016 та 0,307. Зваживши на висловлене вважаємо, що доцільно закономірність зміни втрат насіння залежно від висоти брання описувати степеневими функціями в діапазоні досліджуваних швидкостей руху агрегату. Хоча все ж таки на швидкості руху 12,6 км/год з підвищенням висоти брання краще наближення до експериментальних даних властиве показовій функції.

За результатами дисперсійного аналізу крім впливу швидкості агрегату і висоти брання на втрати насіння визначений і вплив взаємодії цих факторів на результативну ознаку. Це підтверджено розрахунком спостережуваного F -критерію, який дорівнював 3,09. За таблицями квантилів F -розподілу на рівні значущості 0,05 та числа ступенів вільності чисельника 4 і знаменника 26 табличний F -критерій дорівнює 2,74 [16]. Порівняння спостережуваного і табличного F -критеріїв свідчить про вплив ефекту взаємодії досліджуваних факторів на втрати насіння від недоочісування.

Висновки. Втрати насіння від недоочісування стебел в льонозбиральному комбайні залежно від робочої швидкості агрегату описуються випуклими параболічними кривими другого порядку. З підвищенням висоти брання льонудовгунця параболічні криві цієї зміни зрушуються в область збільшених значень втрат насіння. Зміна втрат насіння залежно від висоти брання може бути описана степеневими або показовими кривими при досліджуваних швидкостях руху агрегату. Дисперсійний аналіз зміни втрат насіння залежно від швидкості агрегату і висоти брання засвідчив про взаємодію досліджуваних факторів щодо впливу на результативну ознаку.

Напрямок подальших розвідок на нашу думку має бути зосереджений на дослідженні розтягнутості стрічки розстелюваної комбайном соломи та втрат насіння від недоочісування стебел з урахуванням їх розтягнутості.

Список використаних джерел

1. Быков Н.Н. Регулировка зажимного транспортера льнокомбайна / Н.Н. Быков // Лен и конопля. – 1970. – № 6. – С. 28 – 29.
2. Быков Н.Н. Режимы и качество работы льнокомбайна / Н.Н. Быков // Лен и конопля. – 1969. – № 5. – С. 29 – 30.
3. Горбовий А.Ю. Перспективи покращення механізації льонарства в Україні / А.Ю. Горбовий, Л.П. Середа, В.М. Пришляк // Вісн. Харків. нац.

- техніч. ун-ту с. г. ім. П. Василенка: механізація сільськогосподарського виробництва. – Х., 2008. – Вип. 75, Т. 2. – С. 159 – 169.
4. Кленин Н.И. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины. Элементы теории рабочих процессов, расчет регулировочных параметров и режимов работы: [учеб. по спец. «Механизация с. х.»] / Н.И. Кленин, В.А. Сакун. – М.: Колос, 1994. – 751 с.
 5. Кукта Г.М. Испытания сельскохозяйственных машин / Кукта Г.М. – М.: Машиностроение, 1964. – 284 с.
 6. Лимонт А. Влияние высоты теребления и скорости движения льнокомбайна на параметры расстилаемой ленты / А. Лимонт // Техника в с. х. – 1975. – № 8. – С. 17 – 18.
 7. Лімонт А.С. Про технологію збирання льону-довгунця в центральному Поліссі України / А.С. Лімонт // Механізація і електрифікація с. г. – К.: Урожай, 1974. – Вип. 28. – С. 99 – 107.
 8. Льноуборочные машины / [Г.А. Хайлис, Н.Н. Быков, В.Н. Бухаркин и др.]. – М.: Машиностроение, 1985. – 232 с.
 9. Льонарство: підруч. [для студ. вищ. навч. закл.] / [Дідора В.Г., Малиновський А.С., Дереча О.А. та ін.]; за ред. В.Г. Дідори. – Житомир: Вид-во «Житомир. нац. агроєколог. ун-т», 2008. – 488 с.
 10. Методические указания по проведению полевых опытов со льном-долгунцом / [Долгов Б.С., Заворотченко И.С., Ковалев В.Б. и др.]; под ред. Б.С. Долгова и В.Б. Ковалева. – Торжок: Всесоюз. НИИ льна, 1978. – 78 с.
 11. Сисолін П.В. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування: навч. посіб. / Сисолін П.В., Рибак Т.І., Сало В.М.; за ред. М.І. Черновола // Кн. 2. Машини для рільництва. – К.: Урожай, 2002. – 364 с.
 12. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: підр. для підготовки фахівців з напрямку «Механізація та електрифікація с. г.» / [Д.Г. Войтюк, В.М. Барановський, В.М. Булгаков та ін.]; за ред. Д.Г. Войтюка. – К.: Вища освіта, 2005. – 464 с.
 13. Справочник конструктора сельскохозяйственных машин: в 4 т. / [под ред. Клецкина М.И.]. – М.: Машиностроение, 1969. – Т. 3. – 1969. – 744 с.
 14. Сулима Л.А. Результаты исследований работы серийных льноуборочных машин в условиях Северо-Запада / Л.А. Сулима, О.Я. Дюртеева // Научно-исследовательский и проектно-технологический ин-т механизации и электрификации с. х. Северо-Запада: науч. тр. – Л., 1971. – Вып. 8. – С. 99 – 103.
 15. Хайлис Г.А. Основы теории и расчета сельскохозяйственных машин: [учеб. пособ. для студ. высш. учеб. завед. по спец. «Механизация с. х.»] / Хайлис Г.А. – К.: Изд-во УСХА, 1992. – 238 с.
 16. Хикс Ч. Основные принципы планирования эксперимента / Хикс Ч.; пер. с англ. Т.И. Голиковой, Е.Г. Коваленко, Н.Г. Микешиной; под ред. В.В. Налимова. – М.: Мир, 1967. – 406 с.

Аннотация

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПОТЕРЬ СЕМЯН ПРИ ОЧЕСЫВАНИИ СТЕБЛЕЙ В ЛЬНОУБОРОЧНОМ КОМБАЙНЕ

Лимонт А.С.

Проанализированы потери семян при уборке льна-долгунца комбайнами и зависимости числа прочесываний стеблей гребнями очесывающего барабана. Приведены закономерности потерь семян от недоочесывания стеблей в зависимости от скорости движения агрегата и высоты тербления льна-долгунца.

Abstract

THE REGULARITIES OF SEED LOSSES WHEN STRIPPING STALKS IN FLAX COMBINE

A. Limont

The paper analyses seed losses caused by combine flax harvesting and characteristics of the number of stalk stripping operations by the stripping drum combs. It also presents the regularities of seed losses caused by stalk under stripping depending on the unit travel speed and fiber flax pulling height.

УДК 631.372

ВПЛИВ СТРУКТУРИ МЕХАНІЧНОЇ СИСТЕМИ «ТРАКТОР–НАЧІПКА–ПЛУГ» НА ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ ОРАНКИ ПРИ НЕСТІЙКОМУ РУСІ

Пастухов В.І. д.т.н., проф., Кучеренко С.І., к.т.н., проф.,
Скофенко С.М. ст. викл., Бурлака В.В. к.т.н., доц.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства
імені Петра Василенка*

Методами структурного аналізу проведено дослідження механічної системи «трактор–начіпка–плуг» при нестійкому русі з метою виявлення факторів, які призводять до зниження якості оранки та подальшої мінімізації їх негативного впливу.

Постановка проблеми. Найвагомішим критерієм оцінки якості роботи начіпного плуга є відхилення глибини обробітку від заданої та її рівномірність. З метою покращення цих показників удосконалюються як плуги, так і енергетичні засоби. При цьому недостатньо приділяється уваги дослідженням орного агрегату як механічної системи, а динамічна взаємодія трактора та начіпного плуга суттєво впливає на ефективність агрегату і позначається на

якісних показниках обробітку ґрунту. Головний чинник незадовільної роботи сучасних начіпних плугів полягає не в їх конструктивних недоліках, а викликаний недосконалістю начіпного пристрою. Схема з'єднання трактора та начіпного плуга майже не змінюється і визначається конструкцією трактора.

Аналіз досліджень. З аналізу попередньо проведених досліджень було встановлено, що при значному віддаленні задніх корпусів плуга від передніх, рівномірність глибини обробітку МТА з начіпним пристроєм у вигляді замкнутого шарнірного чотириланковика по нерівній поверхні поля стає незадовільною [1, 2, 3, 4].

Мета досліджень. Обґрунтування раціональних конструктивно-технологічних параметрів орного машинно-тракторного агрегату (МТА), що підвищать ефективність експлуатації, зокрема якість оранки, і сприятимуть збільшенню урожайності сільськогосподарських культур, є актуальним науково-практичним завданням.

Основний зміст досліджень. Вводячи умовні зображення окремих ланок та кінематичних пар, отримуємо схему механічної системи «трактор – начіпний пристрій – плуг» у поздовжньо-вертикальній площині (рис. 1).

Оскільки точка O_1 – центр обертання заднього колеса, точки A та C – шарніри верхньої та нижньої поздовжніх тяг начіпки незмінно розташовані на остві трактора, то можна вважати, що відстані O_1A , AC , O_1C є незмінними і визначаються конструкцією трактора. Точки B і D – шарніри верхньої та нижньої поздовжніх тяг та точка O_2 – центр опорного колеса плуга незмінно розташовані на рамі плуга, тобто відстані BD , BO_2 , DO_2 теж є незмінними і визначаються конструкцією плуга. Довжини поздовжніх тяг AB та CD визначаються конструкцією начіпного пристрою.

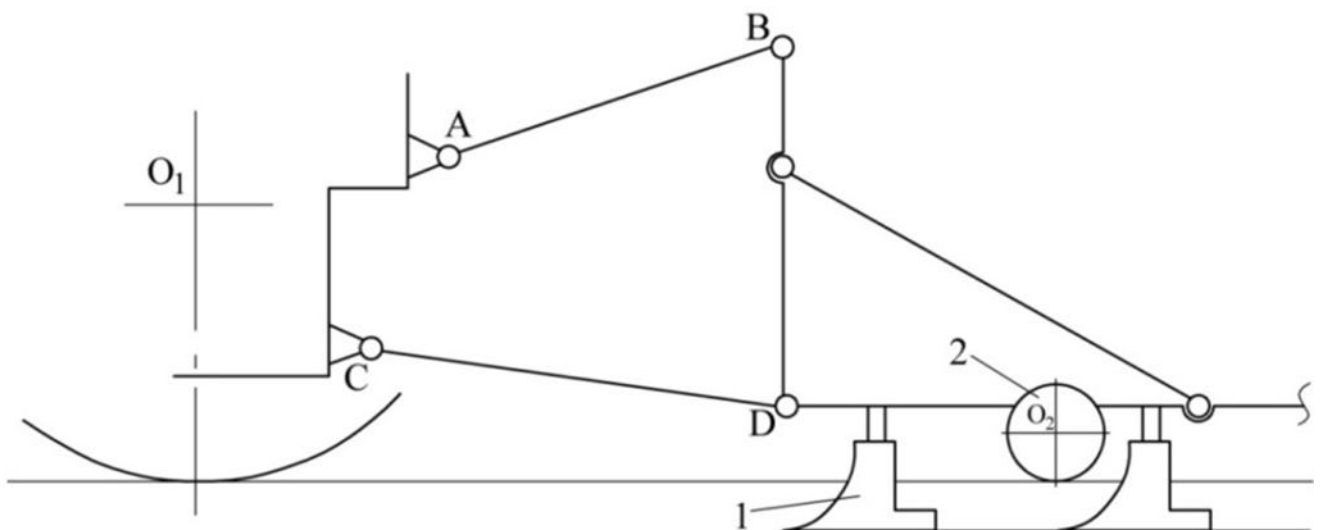


Рис. 1. Схема механічної системи «трактор – начіпний пристрій – плуг» серійної компоновки у поздовжньо-вертикальній площині: AB , CD – верхня та нижня поздовжні тяги начіпного пристрою; O_1 – центр заднього колеса трактора; O_2 – центр опорного колеса плуга; 1 – робочі органи плуга; 2 – опорне колесо плуга

Базуючись на висновках, що зроблені після проведення аналізу раніше виконаних досліджень [3, 4], бачимо, що визначаючим фактором, який впливає на якість обробітку ґрунту, є кутові переміщення плуга. Передні колеса трактора, підіймаючись та опускаючись по нерівностях поля відносно вісі задніх коліс, будуть викликати кутові переміщення остова трактора. Ці відхилення через начіпний пристрій передаються на раму плуга, що викликає наднормативні вертикальні відхилення його робочих органів. Для структурного дослідження механічної системи «трактор – начіпка – плуг» з серійним начіпним механізмом, яка знаходиться в усталеному русі в поздовжньо-вертикальній площині, умовно вважаємо, що в системі присутній тільки відносний рух у вигляді кутових переміщень остова трактора, котрий викликає плоско-паралельні переміщення ланок начіпки і далі впливає на кутові відхилення рами плуга відносно вісі його опорного колеса. Тобто схему механічної системи (рис. 1) приводимо до структурної схеми умовної моделі, в якій вихідною буде кулачкова група з коромисловим штовхачем, коливальний рух якого буде моделювати кутові переміщення остова трактора відносно вісі його задніх коліс. Умовний кулачок рухається поступально з робочою швидкістю орного агрегату, а його профіль формується нерівностями поверхні поля (рис. 2). Будь-яке кутове переміщення остова, що викликане підйомом вісі передніх коліс над віссю задніх або навпаки, відрізняється тільки знаком кута нахилу і має однаково негативний вплив на якість обробітку.

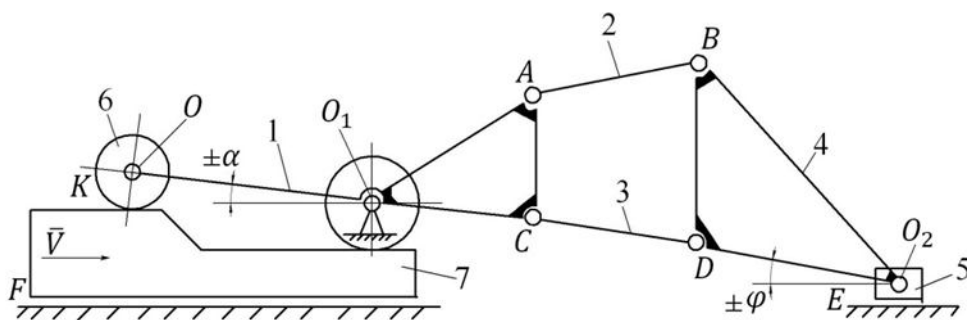


Рис. 2. Структурна схема моделі механічної системи «трактор – начіпка – плуг» з серійним начіпним механізмом:

1 – коромисловий штовхач (остов трактора); 2 – верхня поздовжня тяга начіпки; 3 – нижня поздовжня тяга начіпки; 4 – рама плуга; 5 – опорне колесо плуга; 6 – переднє колесо трактора; 7 – імітатор нерівностей (поступальний кулачок); α , φ - поздовжні кути нахилу остова трактора та рами плуга; A, C, B, D – приєднувальні шарніри начіпного механізму; O, O₁, O₂ – осі передніх, задніх коліс трактора та опорного колеса плуга

З метою мінімізації впливу поздовжніх кутових переміщень остова трактора на кутові відхилення рами плуга виконаємо структурне дослідження запропонованої моделі механічної системи. Модель складається із семи рухомих ланок ($n = 7$) (рис. 2). Для виключення зайвих умов зв'язку зобразимо опорне колесо плуга у вигляді повзуна, що не впливає на рухомість механізму в цілому. Ланки моделі з'єднано за допомогою дев'яти кінематичних пар V класу ($p_5 = 9$): O₁ (0,1), A (1,2), C (1,3), B (2,4), D (3,4), O₂ (4,5), E (5,0), O (6,1), F (0,7)

та однією кінематичною парою IV класу ($p_4=1$): $K(7,6)$. Оскільки даний механізм відноситься до класу плоских, то ступінь його вільності визначаємо за формулою Чебишова:

$$W = 3n - 2p_5 - p_4 = 3 \cdot 7 - 2 \cdot 9 - 1 = 2. \quad (2.1)$$

Проте очевидно, що для даної моделі досить знайти положення кулачка 7, щоб визначити положення коромислового штовхача 1 (остова трактора), тобто досить мати одну початкову ланку, а не дві, як це впливає з формули Чебишова. В цій моделі ролик 6 (переднє колесо трактора) створює зайвий ступінь вільності і кінематика механізму не зміниться, якщо ролик забрати і коромисловий штовхач 1 безпосередньо з'єднати з кулачком 7 у кінематичну пару IV класу. Тоді ступінь вільності такого механізму буде $W = 1$.

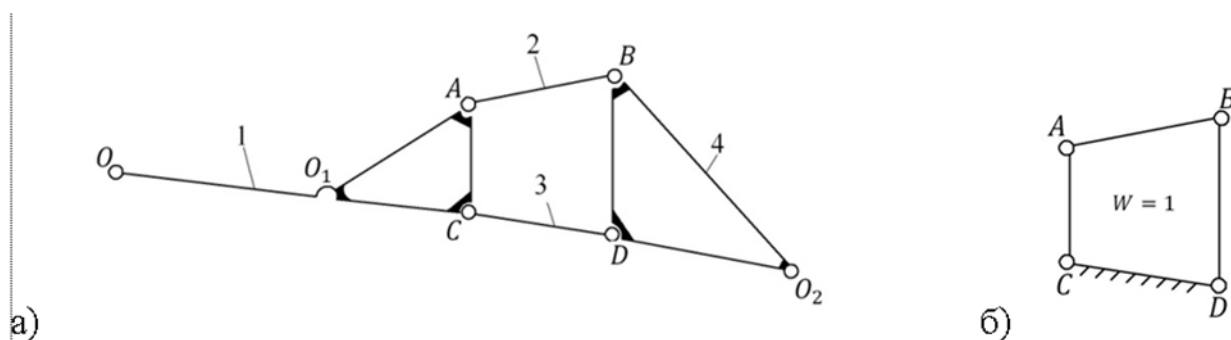


Рис. 3. Структурна група механізму начіпки серійної компоновки: а) кінематичний ланцюг IV класу III порядку; б) чотирикутний замкнутий рухомий контур $ABCD$

До складу даного механізму входить кінематичний ланцюг, що складається з чотирьох рухомих ланок і шістьох нижчих пар (рис. 3, а), тобто група відноситься до IV класу III порядку, оскільки вона приєднується до основного механізму вільними елементами кінематичних пар O , O_1 , O_2 . Характерною особливістю цієї групи є те, що до її складу входить чотирикутний рухомий контур $ABCD$ (рис. 3, б), відносний ступінь вільності якого $W = 1$. З проведеного структурного аналізу моделі бачимо, що незважаючи на одну ступінь вільності механізму маємо два канали механічного впливу на кутові переміщення рами плуга, тобто на замкнутий контур BO_2D . Окрім передачі через кінематичний ланцюг O_1CDO_2 коливання остова трактора передаються ще й через ланцюг O_1ABO_2 , при чому цей вплив може відрізнитись як кількісно, так і за напрямком, що призводить до ще більших кутових відхилень контуру BO_2D .

В роботі [4] Г.М. Синєоков зауважує, що незалежне пристосування до рельєфу поля знаряддя та трактора можна отримати, якщо для їх сполучення використана одна шарнірно закріплена до остова трактора і рами ґрунтообробної машини ланка, а машина має два опорних колеса, що встановлені біля переднього та заднього робочих органів, тобто начіпний плуг рухається як причіпний.

Основним фактором впливу на кутові відхилення плуга $\Delta\varphi$ будуть кутові переміщення остова трактора $\Delta\alpha$. Виключити або послабити залежність

$\Delta\varphi = f(\Delta\alpha)$ можна змінивши структурну схему моделі орного МТА. Оскільки замкнений контур $ABCD$ (рис. 3, б) має відносний ступінь вільності $W = 1$, то зміна його конфігурації буде викликати кутові відхилення незмінного контуру BO_2D відносно центру O_2 на величину $\pm\Delta\varphi$, а враховуючи те, що останній умовно належить рамі плуга, очевидно матимемо втрату якості обробітку, зокрема плуг отримає додаткові небажані відхилення робочих органів за висотою. Для нівелювання зазначеного негативного впливу такого оформлення структурної схеми орного МТА на якість обробітку необхідно змінити структурне оформлення кінематичного зв'язку між трактором та плугом таким чином, щоб ступінь вільності замкненого шарнірного контуру $ABCD$ набув нульового значення, тобто відносна рухомість контуру була нульовою. Для цього кінематичні пари A та C умовно зводимо до однієї точки. В результаті отримуємо нову структурну схему моделі орного МТА, де трактор та плуг з'єднані однією шарнірною ланкою O_1C , при цьому плуг BO_2D , нижня CD та верхня CB поздовжні тяги начіпки утворюють жорсткий незмінний контур, який опирається на шарнір нижнього валу начіпки трактора C та на опорне колесо плуга. Така зміна структурної схеми моделі орного агрегату дозволяє переміщувати опорне колесо вздовж рами орного знаряддя, перетворюючи схему начіпного плуга подібною до причіпного, де передніми опорними колесами плуга будуть задні колеса трактора, його ж опорне колесо, розміщене біля останнього корпусу, дозволить зменшити нерівномірність оранки та покращити зчіпні якості трактора, довантажуючи його задні колеса (рис. 4).

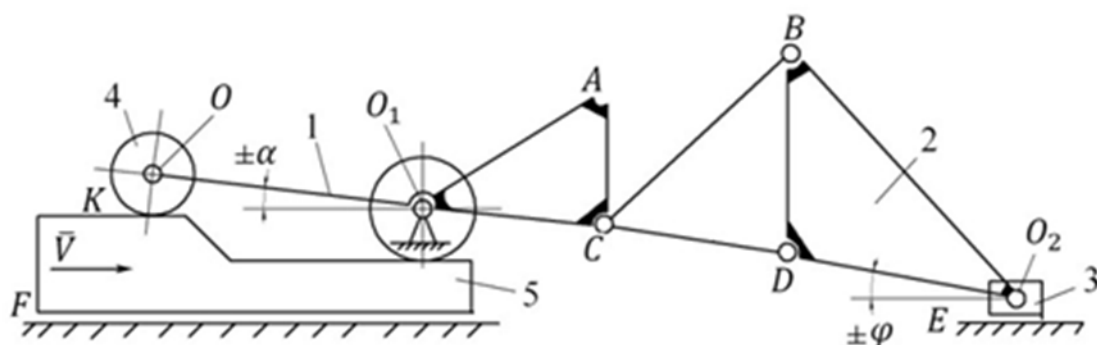
Новоутворений механізм (рис. 4, а) складається з п'яти рухомих ланок ($n = 5$) та шести кінематичних пар V класу ($p_5 = 6$) і однієї кінематичної пари IV класу. Ланка, що утворена двома триланковими контурами CBD та BDO_2 , має відносний ступінь вільності $W = 0$, тобто є жорсткою незмінною конструкцією. Враховуючи це, структурну схему, зображену на рис. 4, а, можна привести до вигляду наведеному на рис. 4, б.

Замінюючий механізм має п'ять рухомих ланок ($n = 5$), шість кінематичних пар п'ятого класу ($p_5 = 6$): $F(0, 5)$, $O(4, 1)$, $O_1(0, 1)$, $C(1, 2)$, $O_2(2, 3)$, $E(3, 0)$ та одну пару IV класу: $K(5, 4)$. Ступінь вільності такого механізму буде $W = 2$.

Після видалення зайвого ступеня вільності між роликком і поступальним кулачком маємо $W = 1$. Оскільки незмінний контур CBO_2D є жорсткою конструкцією, то додаткова відносна ступінь вільності механізму начіпки заблокована, що зменшить передачу кутових переміщень остова трактора на раму плуга, тобто підвищить якість обробітку.

Висновок. Виконаними теоретичними дослідженнями структурного складу орного агрегату як механічної системи та за допомогою структурного моделювання виявлено, що причиною наднормативних відхилень глибини та рівномірності оранки від заданої є передача поздовжніх кутових переміщень остова трактора через начіпку на раму плуга. На основі проведеного структурного аналізу моделей розроблено структурну схему нового начіпного пристрою, виконаного у вигляді простого маятника.

а)



б)

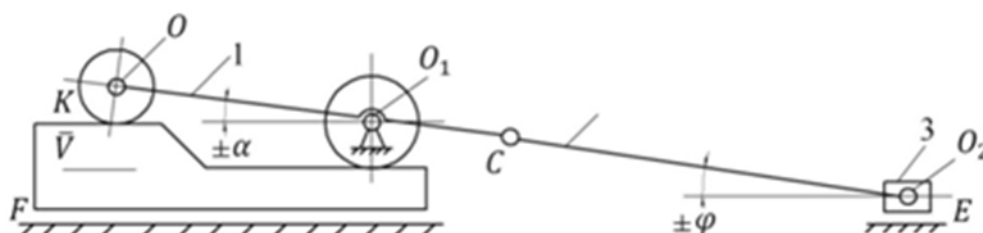


Рис. 4. Структурна схема моделі орного агрегату з розробленим начіпним пристроєм:

1 – коромисловий штовхач (остов трактора); 2 – шатун (жорстка система, що утворена тягами начіпки та рамою плуга); 3 – повзун (опорне колесо плуга); 4 – ролик (переднє колесо трактора); 5 – поступальний кулачок (імітатор нерівності); A, C, B, D – приєднувальні шарніри начіпного механізму (шарнір A не задіяно); O, O_1, O_2 – осі передніх, задніх коліс трактора та опорного колеса плуга

Список використаних джерел

1. Огрызков Е. П. Агрокинематический анализ навесных систем агрегатов «трактор-плуг» / Огрызков Е. П., Огрызков В. Е., Огрызков П. В. // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2002. – № 12. – С. 15 – 18.
2. Мітков В. Б. Обґрунтування схеми і параметрів агрегату для оранки ґрунту одночасно з подрібненням рослинних решток: дис. ... кандидата технічних наук: 05.05.11 «Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва» / Мітков Василь Борисович. – Мелітополь, 2006. – 174 с.
3. Василенко С.В. Кинематика навесной системы при копировании рельефа поля плугом. / Василенко С.В. // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2005. – №6. – С. 43–44.
4. Синеоков Г. Н. Теория и расчет почвообрабатывающих машин / Г. Н. Синеоков, И. Н. Панов. – М.: Машиностроение, 1977. – 326 с.

Аннотация

ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРЫ МЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ «ТРАКТОР-НАЦЕПКА -ПЛУГ» НА ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ПАХОТЫ ПРИ НЕУСТОЙЧИВОМ ДВИЖЕНИИ

Пастухов В.И., Кучеренко С.И., Скофенко С.Н., Бурлака В.В.

Методами структурного анализа проведено исследование механической системы «трактор-навеска-плуг» при неустойчивом движении с целью выявления факторов приводящих к снижению качества вспашки с последующей минимизацией их негативного влияния.

Abstract

INFLUENCE OF STRUCTURE OF MECHANICAL SYSTEM IS ON INDEXES OF QUALITY OF PLOUGHING AT UNSTEADY TO MOVE

Pastukhov V.I., Kucherenko S.I., Skofenko S.N., Burlaka V.V.

Methods of structural analysis study of the mechanical system "tractor-plow-hitch" in the unstable motion in order to identify factors leading to reduction in the quality of plowing with a minimal negative impact.

УДК 631.372

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ НЕСТІЙКОГО РУХУ ОРНОГО АГРЕГАТУ НА ФІЗИЧНИХ МОДЕЛЯХ

Пастухов В.І. д.т.н., проф., Скофенко С.М. ст. викл., Фесенко Г.В. к.т.н., доц., Бурлака В.В. к.т.н., доц., Малець О.М., асист.

Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка

Проведено дослідження нестійкого руху плуга для деяких варіантів механічної системи «трактор – начіпка – плуг» з використанням фізичного моделювання.

Проблема. При експлуатації плуга виникає проблема стійкості його руху в поздовжньо-вертикальній площині. Стійкість або стійка рівновага плуга – це здатність самовідновлювати стан усталеного руху в процесі виконання технологічної операції після раптового порушення останнього деяким силовим фактором. Така властивість плуга пов'язана зі сталістю глибини оранки та її рівномірністю. Статична стійкість є найважливішою характеристикою плуга, оскільки визначає усталений рівномірний режим його роботи і забезпечує дотримання агротехнічних правил щодо операції, для виконання якої і створено плуг.

Аналіз досліджень. При роботі ґрунтообробних машин як у виробничих умовах, так і під час польових досліджень, глибину ходу їх робочих органів у ґрунті та оцінку сталості заданої глибини обробітку визначають досить приблизно. Складність таких замірів пов'язана з наявністю мікро- та макронерівностей поверхні поля, різним ступенем щільності ґрунту, наявністю поживних решток та бур'янів. Разом з тим контрольні заміри повинні бути досить точними, оскільки агротехнічні умови до оранки диктують максимально допустимі відхилення глибини обробітку в межах ± 2 см. Неточності при таких замірах можуть впливати на якість досліджень і, як наслідок, призводити до хибного висновку щодо ефективності схеми орного МТА.

Синеоков Г.М. зазначав: «в процесі дослідження та проектування нових машин порівняльні оцінки різних способів розміщення опорних коліс та з'єднання з трактором для забезпечення сталості глибини обробітку ґрунту виконується графічно...» [1]. При використанні такого методу складно відстежити взаємодію між елементами механічної системи «трактор – начіпка – плуг».

Мета досліджень. Для виключення неточностей вимірювань досліджуваних показників якості обробітку ґрунту, які виникають в польових умовах, було розроблено комплекс фізичних моделей орного МТА з різними варіантами структурної схеми начіпного пристрою.

Основний зміст досліджень. Моделювання виконано в масштабі 1:10. Об'єктом моделювання є орний агрегат на базі трактора ХТЗ - 17021 з начіпним плугом ПЛН-5-35, де в якості серійного начіпного пристрою використовується важільна система у вигляді замкненого шарнірного чотириланковика (рис.1).

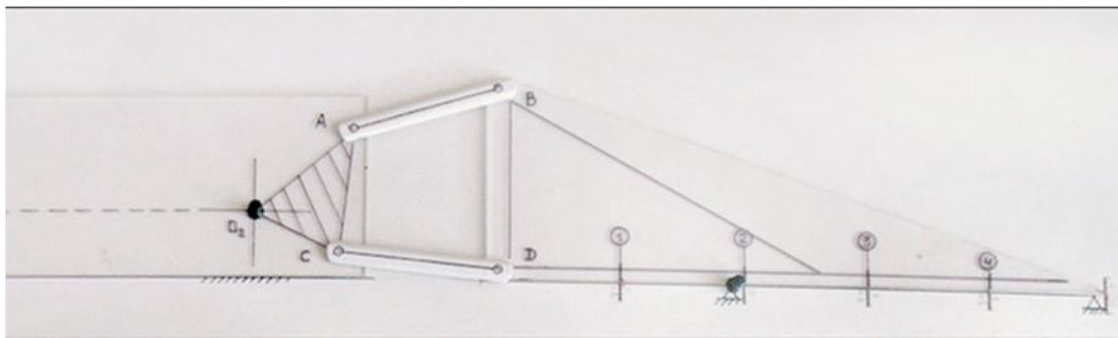


Рис. 1. Фізична модель механічної системи «трактор – начіпка – плуг». Об'єкти моделювання – трактор ХТЗ-17021 з серійним начіпним пристроєм та плуг ПЛН-5-35. Модель виконано в поздовжньо-вертикальній площині (фото).

Аналізуючи розробки та дослідження різних варіантів оформлення начіпки в орних агрегатах, прийшли висновку, що незалежне пристосування до рельєфу поля начіпної машини та трактора можна отримати в тому випадку, якщо для їх сполучення використана одна шарнірно закріплена до остова трактора та рами ґрунтообробної машини ланка, а машина має два опорних колеса, які встановлено біля переднього та заднього корпусів, тобто начіпний плуг у робочому положенні рухався б як причіпний, максимально копіюючи макрорельєф поля. Якщо умовно вважати, що передніми опорними колесами

плуга є задні колеса трактора, а опорне колесо плуга змістити до його п'ятого корпусу, то отримаємо варіант, коли начіпний плуг буде рухатись як причіпний – розроблена схема орного МТА.

Для кінематичного аналізу моделей з серійною та розробленою схемами (рис. 2), що умовно рухаються по поверхні з макронерівностями, розглянемо окремі положення трактора та плуга, котрі вони займають під впливом нерівностей. Суміщення таких положень повинно моделювати дійсний поздовжній кутовий рух орного МТА по нерівній поверхні.

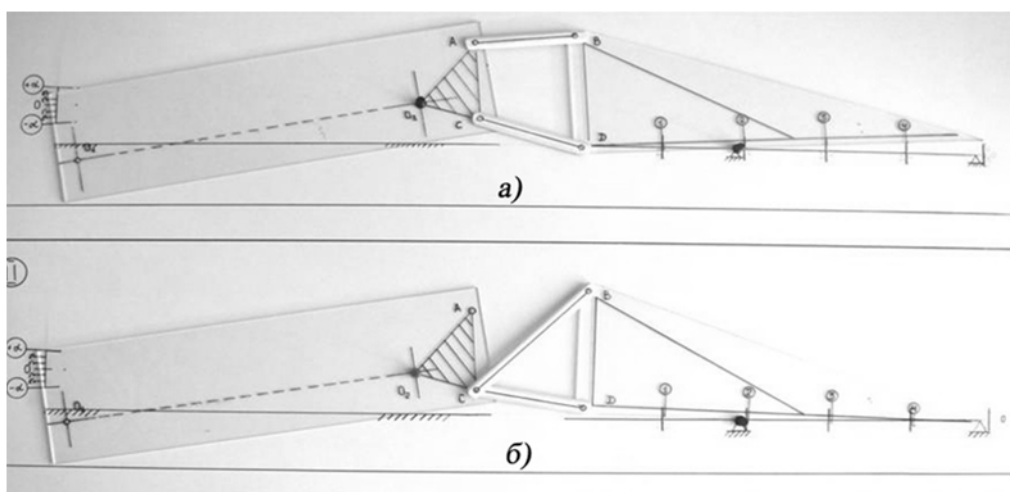


Рис. 2. Стенд для проведення кінематичного аналізу передаточної функції начіпного пристрою а) серійної, б) розробленої структурних схем орного агрегату на фізичних моделях

Для визначення факторів впливу на поздовжні кутові переміщення рами плуга розглянемо рух орного агрегату по нерівній поверхні поля, за наявності макронерівностей поверхні, тобто коли довжина нерівностей відповідна або більша за довжину агрегату. Коли передні колеса трактора заходять на підйом, а задні колеса та плуг знаходяться на горизонтальній площині, починає змінюватись нахил остова трактора на кут $\Delta\alpha$, який передається на раму плуга, і викликає її кутове поздовжнє переміщення відносно осі опорного колеса плуга на величину $\Delta\varphi$ (рис. 3, а).

Після проходження початку підйому задніми колесами трактора кут нахилу його остова α починає змінюватись у зворотному напрямку, тобто фактор $\Delta\alpha$ продовжує впливати на стійкість руху системи. Одночасно з цим починає змінюватись вертикальна відстань H між осями задніх коліс трактора та опорного колеса плуга на величину ΔH (рис. 3, б). Така зміна буде відбуватись до моменту, поки остов трактора не займе горизонтальне положення, тобто буде присутній фактор ΔH , але фактор $\Delta\alpha = 0$ (рис. 3, в).

Суміщення наведених взаємних положень елементів системи буде моделювати дійсний поздовжній кутовий рух орного агрегату на поверхні з макронерівностями. Тобто, комбінуючи фактори впливу ΔH та $\Delta\alpha$ на фізичних моделях, можемо наближено визначити передаточну функцію різних варіантів оформлення структурної схеми орного МТА.

В якості вихідних було прийнято кути нахилу остова трактора в межах

$\pm 3^\circ \dots 5^\circ$, оскільки для трактора ХТЗ-17021 кут нахилу остова в 5° буде еквівалентний підйому осі передніх коліс на 0,227 м. Коливання відстані ΔH було вибрано в межах $\pm 0,1$ м. Такі значення факторів впливу $\Delta\alpha$ та ΔH наведено та обґрунтовано в роботах [1, 2].

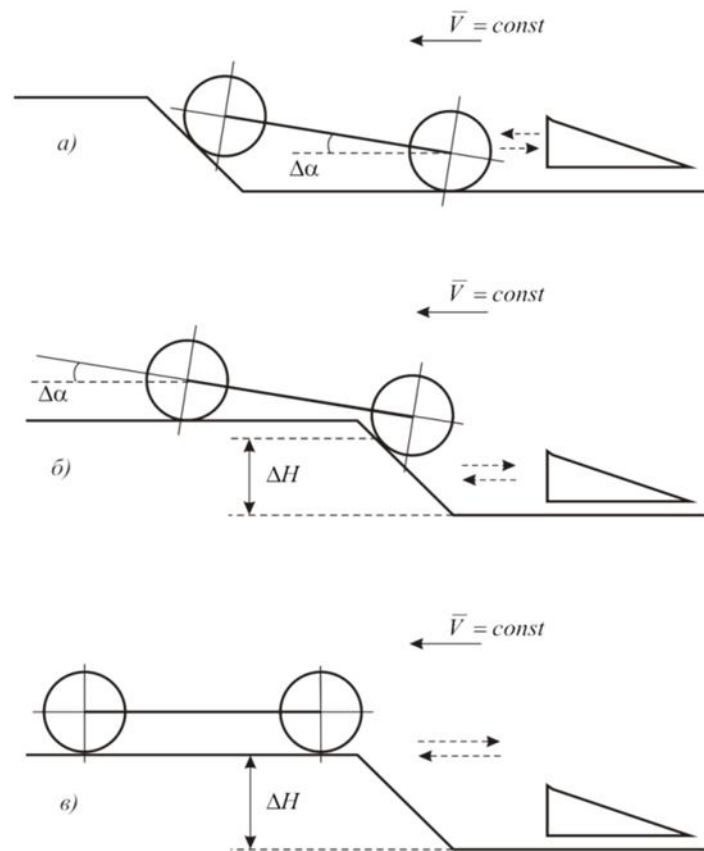


Рис.3 До аналізу впливу кутового переміщення остова трактора на кутове відхилення рами плуга в поздовжньо-вертикальній площині; фактори впливу: а) кут нахилу остова трактора $\Delta\alpha$; б) кут нахилу остова трактора $\Delta\alpha$ та відстань ΔH ; в) відстань ΔH .

Результати порівняльних досліджень на кінематичному стенді наводяться в вигляді таблиць (див. додаток Е), де умовно показано характер нахилу рами плуга відносно осі опорного колеса. Наведено значення відхилень глибини оранки від заданої Δa (мм) першого (Δa_1) та п'ятого (Δa_5) корпусів плуга (рис. 4).

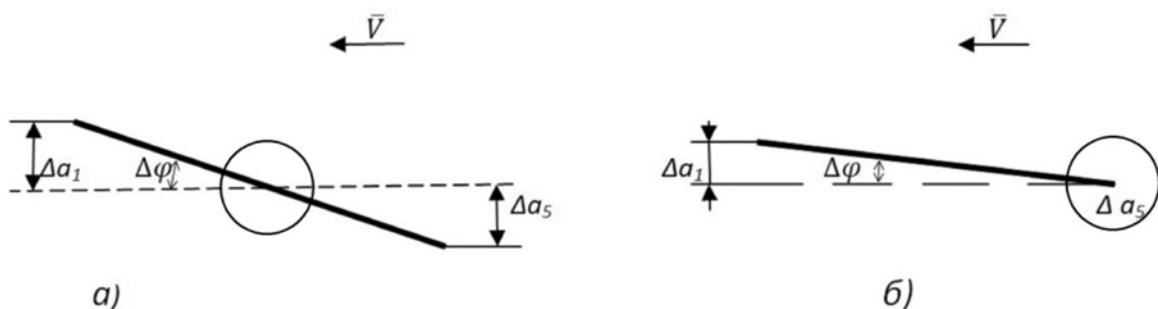


Рис. 4. Умовне зображення характеру нахилу фізичної моделі плуга відносно осі його опорного колеса та значень максимальних відхилень глибини оранки Δa_i при розміщенні опорного колеса: а) штатному; б) експериментальному

Аналіз експериментальних досліджень впливу фактору $\Delta\alpha$ моделі остова трактора на кутові відхилення моделі плуга $\Delta\varphi$, який проводився на кінематичному стенді (рис. 5), показав, що передаточна функція начіпного пристрою змінюється майже лінійно в межах кута $\Delta\alpha = \pm 5^\circ$ від горизонтального положення остова. За вказаними межами передаточна функція начіпки викривляється, але нахил остова трактора ХТЗ–150К на 5° при його поздовжній базі 2,87 м відповідає підйому осі передніх коліс на 0,25 м. Дослідження профілограм поздовжнього рельєфу поля показало, що макронерівності з такими перепадами висот майже не зустрічаються. Тому фактор впливу $\Delta\alpha$ приймали в межах $\pm 5^\circ$.

З аналізу таблиці 1 бачимо, що максимальні поздовжні кутові відхилення моделі плуга при використанні серійної начіпки значно перевищують допустимі в ± 2 см навіть при $\Delta\alpha = \pm 3^\circ$, причому маємо нерівномірність глибини обробітку: перший корпус моделі виглиблюється на 1 см, а останній додатково заглиблюється на 2,5...4,0 см. Застосування розробленої начіпки та розміщення опорного колеса плуга біля п'ятого корпусу забезпечує стійкий рух агрегату: максимальне заглиблення першого корпусу на 2,5 см знаходиться майже в межах агроправил, а нерівномірність обробітку між корпусами практично відсутня.

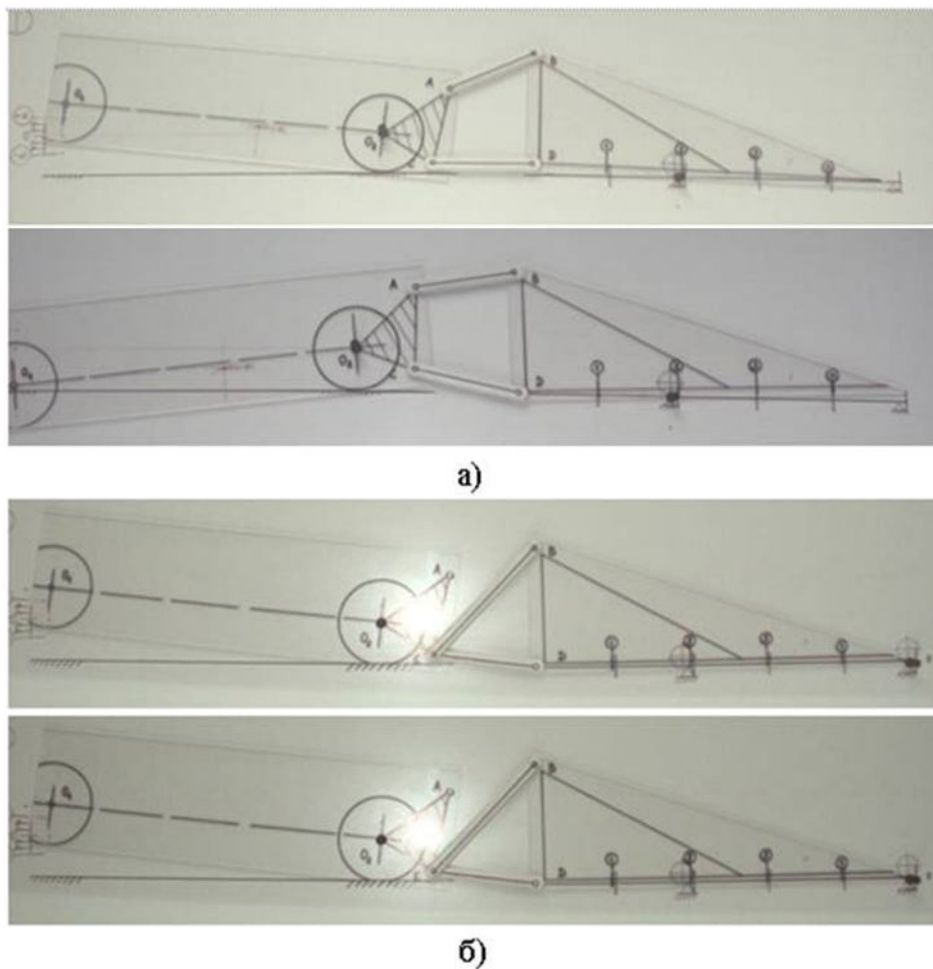


Рис. 5. Фізичні моделі орного машинного агрегату в поздовжньо-вертикальній площині (фактор впливу $\pm \Delta\alpha$ остова трактора) при використанні начіпки: а) серійної; б) розробленої

За результатами лабораторних досліджень передаточної функції начіпних пристроїв на фізичних моделях максимальні значення Δa_i вертикальних переміщень окремих робочих органів плуга спостерігаються за умов одночасної наявності факторів ΔH та $\Delta \alpha$. Перевищення допустимих $\Delta a = \pm 2$ см робочих органів моделі плуга мають як модель з серійною, так і з розробленою схемами начіпного пристрою.

В реальних умовах співвідношення факторів ΔH та $\Delta \alpha$ може кількісно відрізнятися від значень наведених в таблицях розділу. Так, наявність фактору ΔH можлива у двох випадках. В першому, це коли на поверхні, де рухається трактор, присутні мікронерівності, тобто випадкові перешкоди у вигляді, наприклад, звального гребеня (розвальної борозни) та т. ін. Наявність ΔH у такому випадку кількісно буде відрізнятися від максимальних табличних значень, оскільки при наїзді на перешкоду передніми колесами трактор змінює тільки кут нахилу остова. Задні колеса йдуть по сліду передніх і ΔH в цьому випадку буде меншою внаслідок зминання ґрунту. Додатково зменшує величину ΔH і амортизаційна здатність шини заднього колеса. Як видно з таблиці 2, коливання ΔH в межах ± 50 мм будуть викликати переміщення Δa окремих корпусів плуга для розробленого варіанту майже в межах агротехнічних правил.

Таблиця – 1 Передаточна функція начіпки за наявності фактору впливу $\Delta \alpha$

Фактори впливу $\Delta \alpha$, град. ΔH , м	Положення рами плуга відносно горизонталі. Відхилення $\Delta a_1, \Delta a_5$, мм.	
	Серійна начіпка	Розроблена начіпка
$\Delta \alpha = +3$ $\Delta H = 0$	<p>$\Delta \varphi = 0,86^\circ$</p>	<p>$\Delta \varphi = 0,32^\circ$</p>
$\Delta \alpha = +5$ $\Delta H = 0$	<p>$\Delta \varphi = 1,4^\circ$</p>	<p>$\Delta \varphi = 0,54^\circ$</p>
$\Delta \alpha = -3$ $\Delta H = 0$	<p>$\Delta \varphi = 1,006^\circ$</p>	<p>$\Delta \varphi = 0,3^\circ$</p>
$\Delta \alpha = -5$ $\Delta H = 0$	<p>$\Delta \varphi = 1,72^\circ$</p>	<p>$\Delta \varphi = 0,54^\circ$</p>

Таблиця 2 Передаточна функція начіпки за наявності фактору впливу ΔH

Фактори впливу $\Delta\alpha$, град. ΔH , м	Положення рами плуга відносно горизонталі. Відхилення $\Delta a_1, \Delta a_5$, мм.	
	Серійна начіпка	Розроблена начіпка
$H=0,67$ $\Delta H=0,05$ $\Delta\alpha=0$		
$H=0,72$ $\Delta H=0,1$ $\Delta\alpha=0$		
$H=0,57$ $\Delta H=-0,05$ $\Delta\alpha=0$		
$H=0,52$ $\Delta H=-0,1$ $\Delta\alpha=0$		

В другому випадку фактор ΔH буде виникати в результаті галопування трактора, тобто в результаті його поздовжніх кутових коливань навколо центру галопування. Оскільки передні колеса трактора обладнані амортизуючою системою, а задній міст жорстко з'єднаний з остовом, то вертикальні переміщення переднього та заднього мостів будуть різними, а це призведе знову ж таки до кількісної зміни фактора $\Delta\alpha$, при незначних переміщеннях ΔH задніх коліс. За даними експериментальних досліджень [3] із-за наявності суттєвого сумарного впливу вертикальних складових сил зі сторони плуга вертикальні коливання трактора здійснюють малопомітний вплив на динаміку вертикальних переміщень плуга. Виходячи з наведеного, в подальшому розглядатимемо рух орного МТА за наявності фактору $\Delta\alpha$.

Висновок. Для розрахунку і керування якістю оранки моделюванням кутового руху в механічній системі «трактор – начіпка – плуг», з використанням створених фізичних моделей кінематичного зв'язку, одержано передаточні залежності нової начіпки та визначено фактори, які впливають на їх зменшення.

Передаточна функція $u = \Delta\varphi/\Delta\alpha$, що отримана при лабораторних дослідженнях на кінематичному стенді для моделі орного МТА з серійною схемою начіпки після осереднення буде $u = 0,267$, а з розробленою $u = 0,112$ (рис.6).

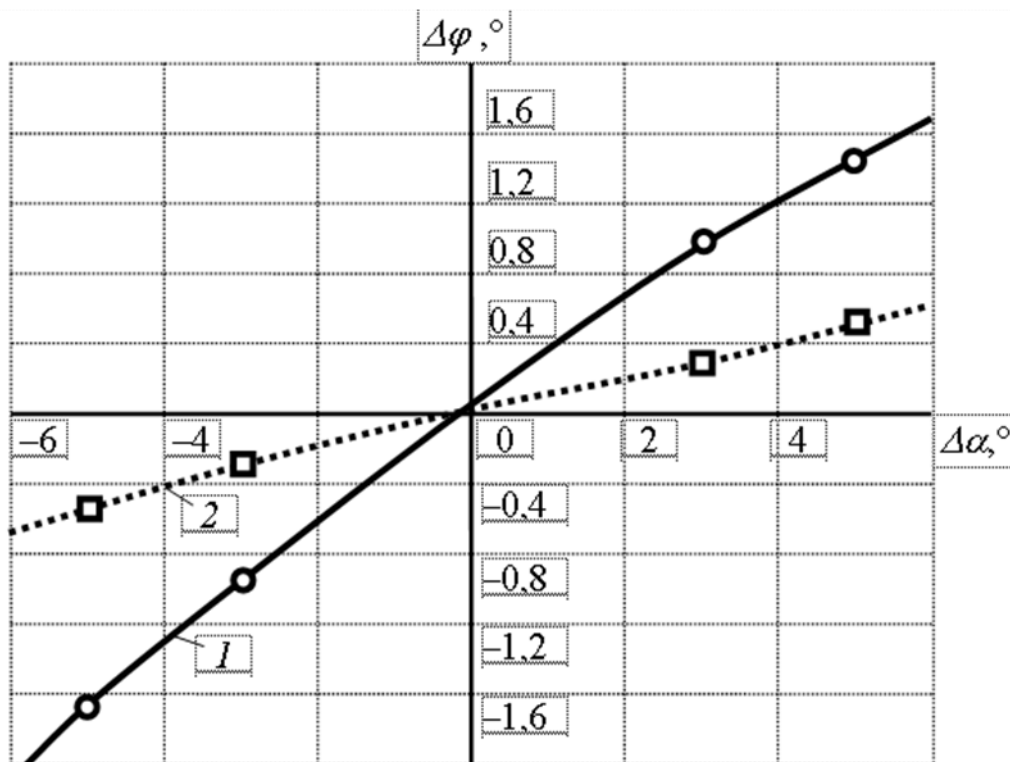


Рис. 6. Залежності кута нахилу рами плуга від кутових переміщень остова трактора (фізичне моделювання) орного агрегату: а) серійного; б) модернізованого

Список використаних джерел

1. Синеоков Г. Н. Теория и расчет почвообрабатывающих машин / Г. Н. Синеоков, И. Н. Панов. – М.: Машиностроение, 1977. – 326 с.
2. Слободюк В. Я. Теоретическое и экспериментальное исследование продольной устойчивости движения плуга при навеске с упругими элементами в верхнем звене: дис. ...кандидата технических наук: 05.20.01 «Механизация сельскохозяйственного производства» / Слободюк В.Я. – Харьков, 1964.
3. Мітков В. Б. Обґрунтування схеми і параметрів агрегату для оранки ґрунту одночасно з подрібненням рослинних решток: дис. ... кандидата технічних наук: 05.05.11 «Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва» / Мітков Василь Борисович. – Мелітополь, 2006. – 174 с.

Аннотация

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕУСТОЙЧИВОГО ДВИЖЕНИЯ ПЛУГА НА ФИЗИЧЕСКИХ МОДЕЛЯХ

Пастухов В.И., Скофенко С.Н., Фесенко Г.В., Бурлака В.В., Малец О.Н.

Проведено дослідження неустойчивого руху плуга деяких варіантів механічної системи «трактор – навеска – плуг» з використанням фізичного моделювання.

Abstract

INVESTIGATION OF UNSTABLE MOTION PLOW ON PHYSICAL MODELS

Pastukhov V.I., Skofenko S.N., Fesenko G.V., Burlaka V.V., Malez O.N.

The study of unstable motion plow some variants of the mechanical system "tractor – plow – hitch" with the use of physical modeling.

УДК 631.362:532

КОЛЕБАНИЯ СЕПАРИРУЕМОЙ ЗЕРНОВОЙ СМЕСИ ВСЛЕДСТВИЕ ПОПЕРЕЧНЫХ ВИБРАЦИЙ РЕШЕТА

Ольшанский В.П., д-р ф.-м.н., проф., Кучеренко С.И., к.т.н., проф.,
Ольшанский С.В., асп., Малец О.Н.

*Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства
имени Петра Василенко*

Методом Бубнова-Галеркина построено приближенное аналитическое решение задачи о колебаниях скорости потока виброожигенного зернового слоя при его движении по вибрирующему наклонному плоскому решету. Проведено сравнение численных результатов, к которым приводят построенное и другие известные приближенные решения этой задачи.

Постановка проблемы. Использование вибраций интенсифицирует процесс решетного сепарирования зерновых смесей. Поэтому изучение поля скоростей в слое сыпучей среды, которая движется по вибрирующей направляющей поверхности, представляет научно-прикладной интерес. Одним из возможных способов теоретического описания таких полей является применение уравнений течения вязкой ньютоновской жидкости к моделированию движения виброожигенной сыпучей среды.

Анализ последних публикаций. Различают вибрационные поля в зерновом поле, которые вызваны продольными и поперечными колебаниями плоского решета [1]. К более изученным относится вариант продольных колебаний, когда распределение скоростей удается выразить в замкнутой форме с помощью известных специальных или элементарных функций [2,3,4]. При поперечных колебаниях решета краевая задача усложняется и не удается найти ее точное аналитическое решение. Поэтому в [5,6,7] были построены приближенные решения динамической задачи без учета и с учетом разделения зерновой смеси на проходную и сходовую фракции. Расчетные формулы получены методом Бубнова-Галеркина в одночленном приближении, в связи с чем желательно иметь и другие решения, чтобы судить о точности приближенных теоретических результатов.

С учетом изложенного, целью данной работы является построение

решения задачи о движении виброожиженной зерновой смеси по наклонному решету новым (отличным от применявшихся) способом и сравнение численных результатов, к которым приводят разные приближенные решения.

Изложение основного материала. Как и в работе [5], будем пренебрегать разделением смеси на две фракции. При постановке краевой задачи используем расчетную схему, показанную на рис. 1.

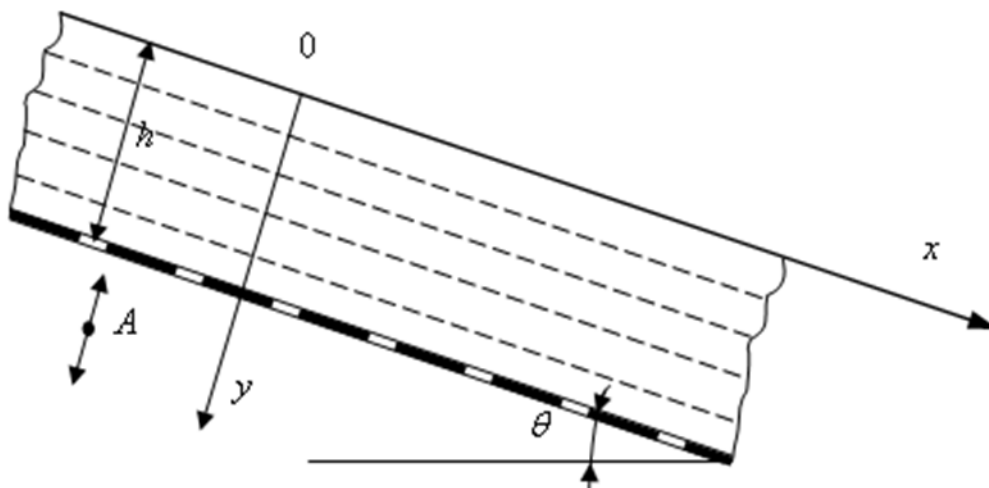


Рис. 1. Расчетная схема решета с поперечными вибрациями и слоем зерновой смеси

Слой смеси считаем однородным, т.е. не учитываем изменение кинематической вибровязкости по его высоте h . Исследуем установившийся режим движения, когда проекция скорости потока смеси и на ось ox не зависит от координаты x , а проекция скорости потока v на ось oy зависит только от времени t . При этих допущениях сохраняется математическая постановка задачи кинетики, которую приближенно решали в [5].

В отличие от указанной публикации, где применялась аппроксимация проекции скорости $u(y,t)$ по координате y , здесь вводим ее аппроксимацию по времени t . Изменение $u(y,t)$ по толщине (высоте) слоя определяем из решения краевой задачи для системы дифференциальных уравнений, к которым приводит усреднение по методу Бубнова-Галеркина.

Согласно [5], проекция скорости потока смеси $u(y,t)$ в установившемся режиме движения является решением граничной задачи:

$$F(y,t) = \nu \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + A\omega \sin(\omega t) \frac{\partial u}{\partial y} - \frac{\partial u}{\partial t} + g \sin \theta = 0; \quad (1)$$

$$u(h,t) = 0; \quad \left. \frac{\partial u}{\partial y} \right|_{y=0} = 0.$$

Здесь ν – эффективная кинематическая вибровязкость смеси; A, ω – амплитуда и частота поперечных вибраций решета; g – ускорение свободного падения; θ – угол наклона решета к горизонту.

Вычисление значения ν можно проводить по формулам, которые опубликованы в [1]. Оно зависит от параметров вибраций решета и механико-технологических характеристик зерновой смеси.

Рассматриваем безотрывный режим движения, когда

$$A\omega^2 < g \cos \theta.$$

Приближенное решение задачи ищем в трехчленном приближении

$$u(y,t) = f_1(y) + f_2(y) \cos(\omega t) + f_3(y) \sin(\omega t), \quad (2)$$

где неизвестные функции $f_j(y)$ удовлетворяют граничным условиям:

$$f_j(h) = 0; \left. \frac{df_j}{dy} \right|_{y=0} = 0, \quad j = \overline{1;3}. \quad (3)$$

Подставив (2) в (1) и приравняв нулю интегралы:

$$\int_0^{2\pi/\omega} F(y,t) dt; \int_0^{2\pi/\omega} F(y,t) \sin(\omega t) dt; \int_0^{2\pi/\omega} F(y,t) \cos(\omega t) dt,$$

получаем систему трех обыкновенных дифференциальных уравнений:

$$\frac{d^2 f_1}{dy^2} = -\frac{g \sin \theta}{\nu} - \frac{A\omega}{2\nu} \frac{df_3}{dy}, \quad (4)$$

$$\frac{d^2 f_3}{dy^2} = -\frac{A\omega}{\nu} \frac{df_1}{dy} - \frac{\omega}{\nu} f_2; \quad f_3 = \frac{\nu}{\omega} \frac{d^2 f_2}{dy^2}.$$

Интегрированием первого из них, с точностью до произвольной постоянной c , находим, что

$$\begin{aligned} \frac{df_1}{dy} &= -\frac{g \sin \theta}{\nu} y - \frac{A\omega}{2\nu} f_3 + c = \\ &= -\frac{g \sin \theta}{\nu} y - \frac{A}{2} \frac{d^2 f_2}{dy^2} + c. \end{aligned} \quad (5)$$

Граничное условие в (3) будет выполнено, когда

$$c = \left. \frac{A}{2} \frac{d^2 f_2}{dy^2} \right|_{y=0}. \quad (6)$$

Методом исключения, с учетом (5), из системы (4) получаем разрешающее уравнение четвертого порядка:

$$\frac{d^4 f_2}{dy^4} - 2a \frac{d^2 f_2}{dy^2} + \frac{\omega^2}{\nu^2} f_2 =$$

$$= \frac{A\omega^2}{\nu^2} \left(\frac{g \sin \theta}{\nu} y - c \right). \quad (7)$$

$$\text{В нем } a = \left(\frac{A\omega}{2\nu} \right)^2.$$

Далее рассмотрим режим невысоких частот колебаний, когда $\omega\nu^{-1} > a$ или $A^2\omega < 4\nu$. В этом случае характеристическое уравнение

$$K^4 - 2aK^2 + \frac{\omega^2}{\nu^2} = 0,$$

соответствующее (7), имеет комплексные корни:

$$K_{1,2,3,4} = \pm(\lambda \pm i\gamma),$$

$$\text{причем } i = \sqrt{-1}; \quad \lambda = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{\frac{\omega}{\nu} + a}; \quad \gamma = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{\frac{\omega}{\nu} - a}.$$

Поэтому общим решением (7) является:

$$\begin{aligned} f_2(y) = & c_1 sh \lambda y \cdot \sin \gamma y + c_2 ch \lambda y \cdot \cos \gamma y + \\ & + c_3 sh \lambda y \cdot \cos \gamma y + c_4 ch \lambda y \cdot \sin \gamma y + g_1 y - Ac. \end{aligned} \quad (8)$$

Здесь $g_1 = \frac{Ag \sin \theta}{\nu}$; $c_j, j = \overline{1;4}$ – произвольные постоянные.

Согласно (6) и (8), константа c выражается через c_1 и c_2 по формуле:

$$c = \frac{1}{2} A(ac_2 + bc_1), \quad (9)$$

где $b = 2\lambda\gamma$.

В силу (4) и (8) функция f_3 представляется выражением:

$$\begin{aligned} f_3(y) = & \frac{\nu}{\omega} [af_2(y) - ag_1 y + aAc + b \times \\ & \times (c_1 ch \lambda y \cdot \cos \gamma y - c_2 sh \lambda y \cdot \sin \gamma y - c_3 \times \\ & \times ch \lambda y \cdot \sin \gamma y + c_4 sh \lambda y \cdot \cos \gamma y)]. \end{aligned} \quad (10)$$

Поскольку,

$$\left. \frac{df_2}{dy} \right|_{y=0} = c_3 \lambda + c_4 \gamma + \frac{Ag \sin \theta}{\nu} = 0;$$

$$\left. \frac{df_3}{dy} \right|_{y=0} = c_3(a\lambda - b\gamma) + c_4(a\gamma + b\lambda) = 0,$$

то

$$c_3 = -\frac{Ag \sin \theta}{2\lambda\omega} (a + 2\lambda^2); \quad c_4 = \frac{Ag \sin \theta}{2\gamma\omega} (a - 2\gamma^2).$$

Используя выражения (3), (8), (9) и (10), вычисление констант c_1 и c_2 сводим к итерациям по формулам:

$$c_1 = \delta_1 / \delta; \quad c_2 = \delta_2 / \delta,$$

в которых $\delta = sh^2\eta + \cos^2 \zeta$;

$$\delta_1 = (g_1 h - Ac) \left(\frac{a}{b} ch\eta \cdot \cos \zeta - sh\eta \cdot \sin \zeta \right) + \\ + c_3 \cos \zeta \cdot \sin \zeta - c_4 ch\eta \cdot sh\eta;$$

$$\delta_2 = -[(g_1 h - Ac) \left(\frac{a}{b} sh\eta \cdot \sin \zeta + ch\eta \cdot \cos \zeta \right) + \\ + c_3 ch\eta \cdot sh\eta + c_4 \cos \zeta \cdot \sin \zeta]; \quad \eta = \lambda h; \quad \zeta = \gamma h.$$

Интегрируя (5), с точностью до константы b_1 находим функцию

$$f_1(y) = b_1 - \frac{g \sin \theta}{2\nu} y^2 - \frac{A}{2} \frac{df_2}{dy} + cy. \quad (11)$$

Для определения постоянной b_1 в (11) используем (3) и (8). В итоге получаем:

$$f(y)_1 = \frac{g \sin \theta}{2\nu} (h^2 - y^2) + \frac{A}{2} [S(h) - S(y)] + c(y - h).$$

Здесь

$$S(y) = (c_1 \lambda - c_2 \gamma) ch \lambda y \cdot \sin \gamma y + (c_1 y + c_2 \lambda) \times \\ sh \lambda y \cdot \cos \gamma y + (c_3 \lambda + c_4 \gamma) ch \lambda y \cdot \cos \gamma y + \\ + (c_4 \lambda - c_3 \gamma) sh \lambda y \cdot \sin \gamma y,$$

выражение $S(h)$ следует из $S(y)$ при замене y на h .

Таким образом, определены функции $f_j(y)$, $j = \overline{1;3}$ и по формуле (2) можно проводить приближенный расчет колебаний скорости потока зерновой смеси, вызванных поперечными вибрациями решета.

Анализ результатов расчета и выводы. Для проведения расчетов задавали: $\rho = 750$ кг/м³, $\mu = 0,25$ Па·с, $h = 0,01$ м, $\omega = 41,86$ с⁻¹, $\theta = 8^\circ$. Рассматривали вибрации решета с амплитудами: $A = 10^{-3}$ и $2 \cdot 10^{-3}$ м. Результаты вычислений скорости по формуле (2) для трех значений y при $A = 2 \cdot 10^{-3}$ м графически представлены на рис. 2.

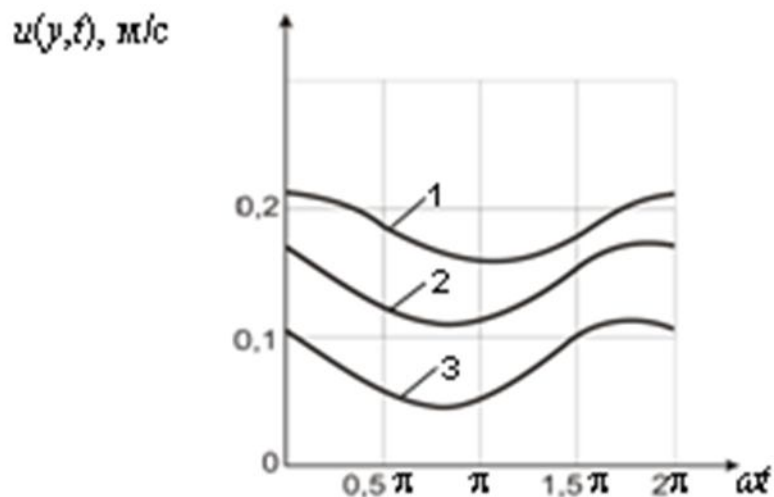


Рис. 2. Зависимости скорости от времени для разных y :

1 – $y = 0$; 2 – $y = 0,5h$; 3 – $y = 0,75h$

От значения y зависят фазы колебаний, а также средние значения скорости, относительно которых происходят эти колебания. С увеличением y уменьшается среднее значение скорости. Оно наибольшее на свободной поверхности слоя, когда $y = 0$.

Чтобы выяснить согласованность изложенной теории с теорией, которая применялась в [1], на рис. 3 представлены графики $u(0,t)$, полученные при $A = 10^{-3}$ м.

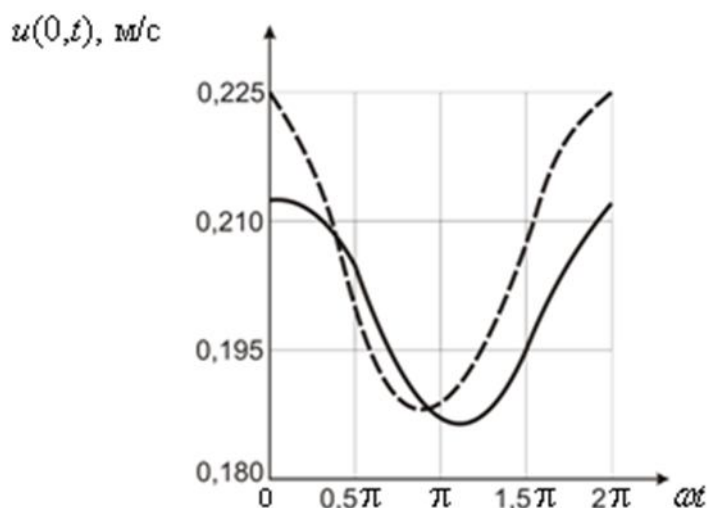


Рис. 3. Графики колебаний скорости, согласно двум решениям, при $y = 0$

Пунктирной линией нарисован график, к которому приводят формулы (5.56) и (5.61) из [1], а сплошной линией – результат расчета по формуле (2). В целом на рис. 3 нет существенных количественных расхождений по колебаниям скорости потока на свободной поверхности слоя.

Удовлетворительное согласование приближенных результатов подтверждается и на рис. 4, где представлены распределения (профили) скорости по толщине слоя зерновой смеси при $A = 2 \cdot 10^{-3}$ м для двух значений t .

Сплошные линии получены по формуле (2), а пунктирные – по формулам работы [1]. В обоих методах расчета профиль скорости меняется с течением времени, причем распределение скорости по y удовлетворительно аппроксимируется отрезком квадратной параболы, что положено в основу приближенного метода в [1].

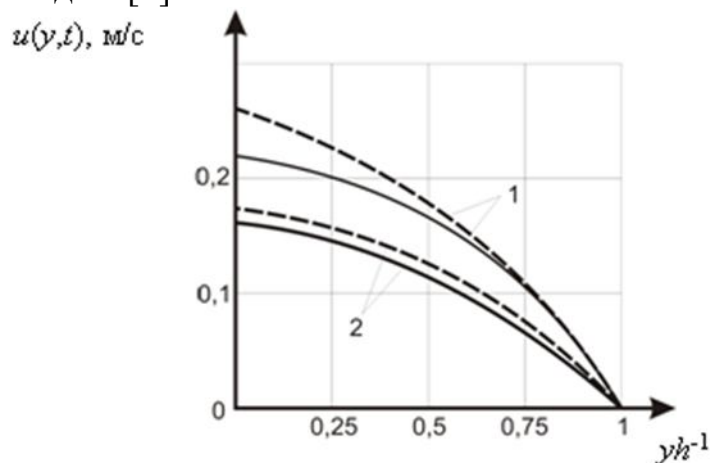


Рис. 4. Профили скорости: 1 – $t = 0$; 2 – $t = \pi\omega^{-1}$

Проведенные сопоставления численных результатов, полученных по двум приближенным решениям, подтвердили их удовлетворительное согласование. Поэтому оба решения можно использовать в инженерных расчетах потока зерновой смеси по наклонному плоскому виброрешету. Но расчетные зависимости в [1] более компактны и удобны для практических расчетов.

Список использованных источников

1. Тищенко Л.Н., Ольшанский В.П., Ольшанский С.В. Виброрешётная сепарация зерновых смесей. – Харьков: Міськдрук, 2011. – 280 с.
2. Тищенко Л.Н., Ольшанский В.П., Ольшанский С.В. К расчету движения зерновой смеси на вибрирующем плоском наклонном решете // Вібрації в техніці та технологіях. – 2009. – № 1. – С. 109-113.
3. Тищенко Л.Н., Ольшанский В.П., Ольшанский С.В. О колебаниях скорости зерновой смеси на виброрешете // Вібрації в техніці та технологіях. – 2010. – № 1. – С. 118-123.
4. Тищенко Л.Н., Ольшанский В.П., Ольшанский С.В. О колебаниях скорости неоднородного слоя зерновой смеси на плоском виброрешете // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ, 2010. – Вип. 10. – Т. 7. – С. 32-42.
5. Тищенко Л.Н., Ольшанский В.П., Ольшанский С.В. О влиянии поперечных колебаний плоского наклонного решета на движение

- сепарируемой зерновой смеси // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ, 2009. – Вип. 9. – Т. 2. – С. 131-139.
6. Тищенко Л.Н., Ольшанский В.П., Ольшанский С.В. О влиянии поперечных колебаний плоского решета на движение по нем слоя зерновой смеси // Динамика и прочность машин. Вестник НТУ «ХПИ». – Харьков: НТУ, 2009. – Вып. 30. – С. 167-176.
7. Ольшанский В.П., Ольшанский С.В., Дидур В.А. Колебания скорости неоднородного слоя зерновой смеси, вызванные поперечными вибрациями решета // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ, 2010. – Вип. 10. – Т. 7. – С. 173-180.

Анотація

КОЛИВАННЯ СЕПАРОВАНОЇ ЗЕРНОВОЇ СУМІШІ ВНАСЛІДОК ПОПЕРЕЧНИХ ВІБРАЦІЙ РЕШЕТА

Ольшанський В.П., Кучеренко С.І., Ольшанський С.В., Малець О.М.

Методом Бубнова-Гальоркіна побудовано наближений аналітичний розв'язок задачі про коливання швидкості потоку вібророзрідженого зернового шару при його русі по нахиленому плоскому решету, що здійснює поперечні коливання. Проведено порівняння чисельних результатів, до яких приводять побудований та інші відомі наближені розв'язки цієї задачі.

Abstract

VIBRATIONS SEPARATE OF A GRAIN MIX OWING TO CROSS VIBRATIONS OF THE SIEVE

Olshanskii S.V., Kucherenko S.I., Olshanskii S.V., Malec O.M.

The Bubnov-Galorkin method constructs the approximated analytical solution of a problem on vibrations of velocity of a flow vibroliquefaction of a grain layer at its movement on vibrating inclined of a flat sieve. The comparison of numerical results is carried out, in which result constructed and other known approached decisions of this problem.

УДК 631.365.22

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ СУШІННЯ НАСІННЯ ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО З РОЗРОБКОЮ КОНСТРУКЦІЇ СУШАРКИ

Яшук А. А., аспірант., Кірчук Р.В., к.т.н. доцент., Голій О.В. к.т.н.

Луцький національний технічний університет

В статті наведено результати дослідження процесу сушіння насіння льону олійного при різних режимах. Проведено дослідження впливу параметрів

сушіння на схожість насіння. Запропоновано конструкцію сушарки для насіння льону олійного.

Постановка проблеми. В Україні, у тому числі в районі Західного Полісся, все більша увага приділяється вирощуванню льону олійного. Льон олійний є сільськогосподарською культурою, яка має важливе господарське значення. У різних галузях господарства можливе застосування стебел, соломи, костриці, макухи льону олійного. Проте основне призначення льону олійного – одержання олії, якої в насінні льону, залежно від сортів, може міститися близько 50% [1,2]. Отже, основну цінність має насіння льону олійного, а тому важливе значення при вирощуванні даної культури має одержання високоякісного насіння.

Погодні умови можуть стати причиною підвищеної вологості врожаю. Як відомо, надмірна вологість при зберіганні сільськогосподарської продукції дуже негативно впливає на якість, зумовлюючи псування і, як наслідок, значні втрати на етапі післязбиральної обробки і зберігання. Для сушіння насіння льону в основному застосовуються барабанні і шахтні сушарки [3,4], які також застосовуються для сушіння врожаю інших сільськогосподарських культур без врахування специфіки конкретного матеріалу.

Особливостями насіння льону олійного є його малі розміри, у порівнянні з зерновими, низька пористість, злипання при високій вологості [3]. Насіння льону, що одержується при збиранні врожаю характеризується високим ступенем забруднення, а тому вимагає попередньої очистки, особливо від крупних соломистих домішок, які є баластом в технологічному процесі сушіння.

Аналіз досліджень і публікацій. Дослідженням процесу сушіння щільного шару сипких насінневих матеріалів займалися такі науковці: Ликов А.В.[5], Птіцин С.Д. [6], Дідух В.Ф.[7], Зеленко В.І.[8], Котов Б.І. [9] та інші. Дослідження, що стосуються збирання і післязбиральної обробки льону в основному пов'язані з вивченням властивостей компонентів льону, проблемами сепарації, а також сушіння льоновороху і льоносолами. Загалом вивченню льону присвячені роботи Хайліса Г.А., Дідуха В. Ф., Гінзбурга Л. Н., Живетина В.В. Вивченню питань, що стосуються збирання і післязбиральної обробки льону олійного, приділено значно менше уваги, ніж проблемам льону довгунця. Зважаючи на морфологічні і біологічні відмінності льону олійного і льону довгунця, відмінності в технології збирання і післязбиральної обробки, особливості матеріалу насіння льону олійного, його властивості, важливість питання енергозбереження в процесі сушіння, а також збереження високої якості вихідного матеріалу, актуальною є проблема обґрунтування раціональних режимів сушіння насіння льону олійного, а також розробки нової конструкції сушарки, яка б усувала недоліки існуючих сушарок, що застосовуються для сушіння цього матеріалу.

Мета дослідження. Визначити раціональні параметри сушіння насіння льону олійного, які б забезпечили збереження якості вихідного матеріалу, запропонувати конструкцію сушарки, яка б забезпечила високоякісний

високопродуктивний процес сушіння насіння льону олійного з врахуванням особливостей цього матеріалу.

Виклад основного матеріалу. Для дослідження використовувалось насіння льону олійного сорту «Південна ніч», а також ворох насіння льону олійного, який не пройшов попереднього очищення. Масова частка насіння у воросі, який не пройшов попереднього очищення становила близько 50%.

Дослідження зниження вологості проводились на експериментальній установці (рис.1.), яка складається з вентилятора 1 для нагнітання повітря, калорифера 2 для його підігрівання, гнучким патрубком 3 підігріте повітря подається в сушильну камеру 4. Зразок з матеріалом розміщується в секції 5, яка встановлюється в сушильну камеру. В калорифері 2 передбачений регулятор, який дає можливість встановлювати температуру нагрівання повітря. Швидкість повітряного потоку в сушильній камері становила 1,8-2,0 м/с, товщина шару матеріалу – 0,1 см.

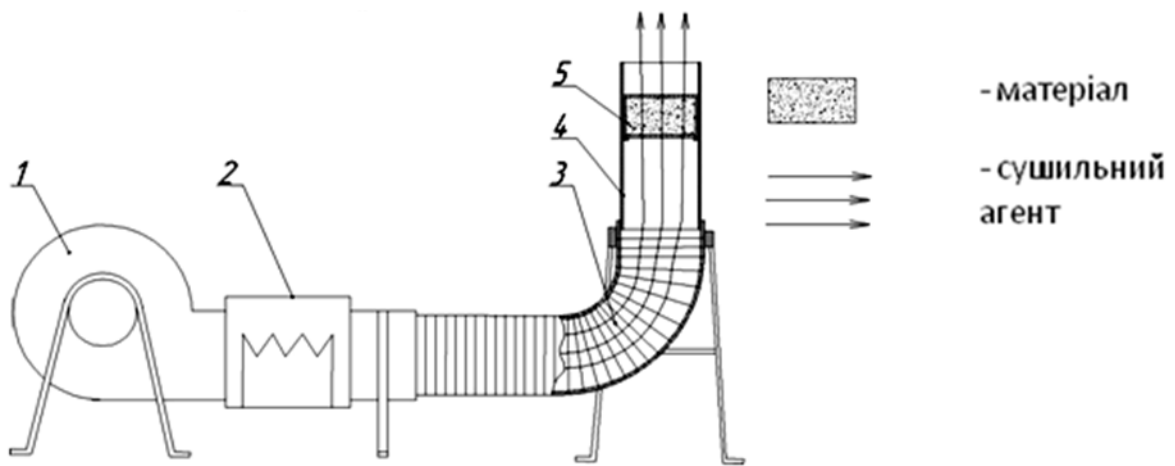


Рис.1. Схема установки для проведення досліджень сушіння матеріалу:
1 – вентилятор; 2 – нагрівальний елемент; 3 – гнучкий патрубок; 4 – сушильна камера; 5 – секція з матеріалом

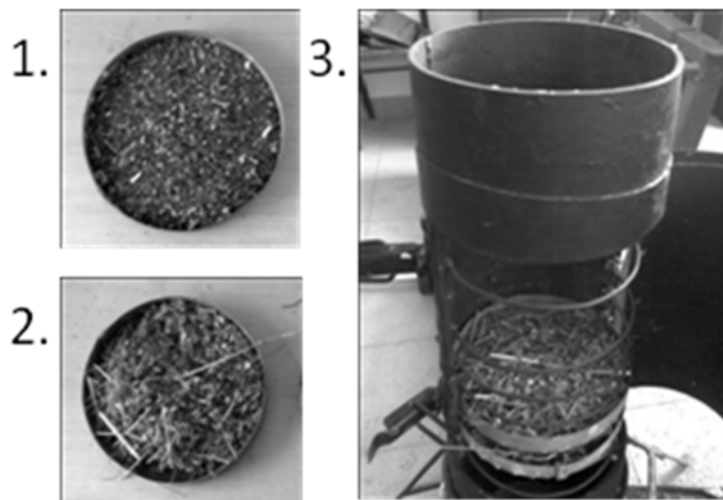


Рис.2. Матеріал, для якого досліджувалося зниження вологості:
1 – насіння льону олійного, 2 – ворох насіння льону олійного, 3 – матеріал в сушильній камері

На рис.3. зображені графіки зниження вологості з часом для а) вороху насіння льону олійного, який не піддавався попередньому очищенню і б) насіння льону олійного після попереднього очищення для температур 30-35°C і 45-50°C.

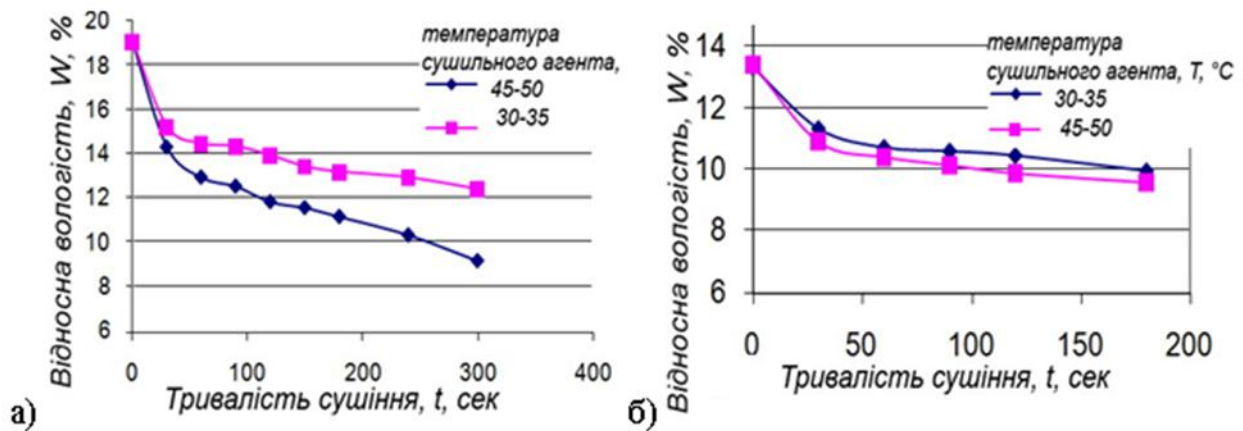


Рис.3. Графіки зниження вологості при різних температурах сушильного агента: а) – ворох насіння льону олійного; б) – насіння льону олійного

Аналізуючи результати можна сказати, що неочищений ворох має більшу початкову вологість, ніж неочищене насіння, тому доцільно проводити попереднє очищення, що забезпечить зменшення початкової вологості матеріалу і зменшить енергозатрати на технологічну операцію сушіння. В той же час, очищення вороху насіння льону олійного з високою початковою вологістю ускладнене в порівнянні з ворохом з більш нижчою вологістю. Тому після сушіння необхідною операцією є кінцеве тонке очищення насіння.

Для дослідження впливу температур і тривалості сушіння на енергію проростання і схожість насіння льону олійного використовувалося очищене зволене насіння з схожістю 95% і початковою відносною вологістю 17%. Сушіння проводились при температурах 45, 55 і 65°C. Також досліджувався вплив тривалості сушіння на енергію проростання і схожість. На рис.4. подано графік зниження вологості насіння льону олійного з часом від початкової вологості 17% при різних температурах.

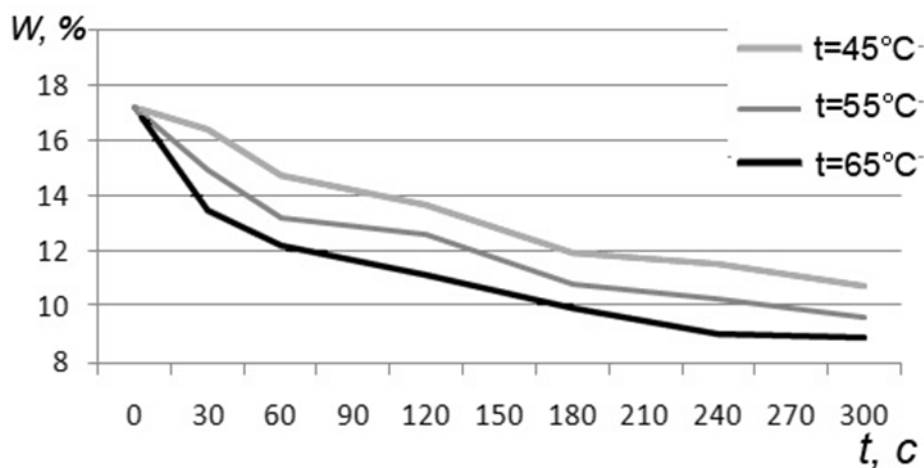


Рис.4. Графіки зміни вологості матеріалу з часом при сушінні насіння льону олійного при різних температурах сушильного агента

З кожної проби матеріалу, що сушився при різних температурах з різною тривалістю, бралось 100 насінин для пророщування. Енергія проростання визначалася за кількістю пророслих насінин через 3 дні після початку пророщування, а схожість через 7 днів. Досліди проводилися з трикратною повторюваністю після чого було встановлено середнє значення.

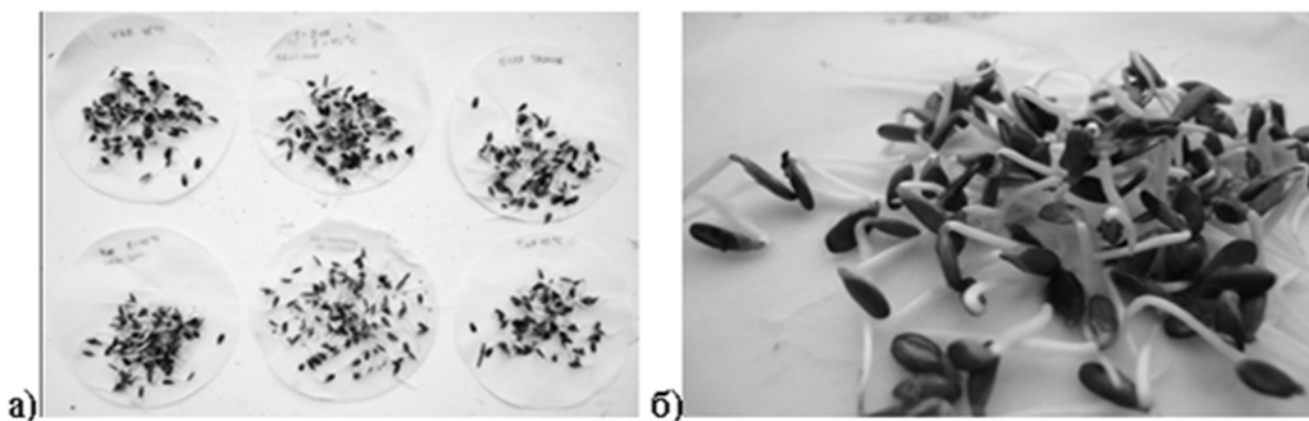


Рис.5. Дослідження енергії проростання і схожості насіння льону олійного:

а) насіння льону олійного, що піддавалося сушінню при різних параметрах; б) проросле насіння льону олійного

За результатами даного дослідження можна сказати, що при сушінні при температурі 45°C не було виявлено суттєвого впливу температурних режимів на енергію проростання і схожість насіння. При температурі 65°C відбувається зниження як енергії проростання, так і схожості насіння. Для сушіння насіння для посівних цілей температура не повинна перевищувати 45°C, проте для технічних цілей вона може бути дещо вищою, оскільки в процесі проведення досліджень не було виявлено змін в кольорі чи структурі насіння при сушінні сушильним агентом з температурою 65°C.

Таблиця – .1. Енергія проростання (схожість) насіння льону олійного, після сушіння залежно від температури сушильного агента (°C) і тривалості сушіння (сек.).

Температура, °C	Тривалість сушіння, сек.						
	0	30	60	120	180	240	300
45		95% (95%)	95% (95%)	95% (95)	94% (95%)	94% (95%)	93% (95%)
55		93% (95%)	92% (95%)	80% (94)	73% (91%)	70% (90%)	56% (87%)
65	95(95) C	93% (93%)	91% (92%)	68% (91)	53% (95%)	46% (87%)	16% (83%)

Аналізуючи отримані результати та літературні джерела встановлено, що при розробці нової конструкції сушарки, призначеної для сушіння насіння льону олійного необхідно враховувати такі особливості:

- необхідність чітко контролювати час перебування насіннєвого матеріалу в зоні дії сушильного агента, що забезпечило б доведення матеріалу до кондиційної вологості без його пересушування;
- контроль температури сушильного агента і нагрівання матеріалу, перегрівання насіння вище допустимої температури є недопустимим і призводить до зниження якості і зокрема енергії проростання насіння;
- перемішування матеріалу в процесі сушіння. Малі розміри і висока щільність ускладнюють проходження сушильного агента через щільний шар матеріалу. Перемішування також дасть можливість підвищити рівномірність просушування, інтенсифікує процес виділення вологи, перешкоджатиме виникненню застійних зон, які вкрай негативно впливають на процес сушіння;
- високий рівень забрудненості матеріалу. Ворох насіння льону олійного є достатньо сипким матеріалом в порівнянні з ворохом льону довгунця, що зумовлено зокрема і відмінністю в технологіях вирощування і збирання, але крупні домішки можуть мати негативний вплив на технологічний процес сушіння;
- мобільність, невеликі габарити, невисока матеріалоемність, а також енергоефективність при максимально можливій продуктивності, що в кінцевому результаті впливає на вартість і дасть змогу ефективніше використовувати потенціал сушарки незалежно від обсягів матеріалу, що необхідно піддати обробці.

Зважаючи на вищевказане була запропонована конструкція сушарки (рис.6.) для насіння льону олійного, в якій використано активні спіралеподібні робочі органи 6 для одночасної подачі сушильного агента і перемішування матеріалу в процесі сушіння.

Сушарка працює наступним чином: сушильний матеріал (ворох насіння льону олійного, який пройшов попереднє очищення) завантажувальним пристроєм 3 подається в сушильну камеру 5. Повітря нагнітається вентилятором 1 і подається в калорифер 2, де нагрівається до потрібної температури. Після цього сформований сушильний агент підводиться в сушильну камеру 4 через активні робочі органи 6, які виготовлені у формі спіралі, містять канали для подачі сушильного агента. Активні робочі органи встановлені вертикально в сушильній камері і здійснюють обертальний рух в процесі сушіння, тим самим активно перемішуючи матеріал і активізуючи виділення вологи з усього його об'єму. Вивантаження матеріалу з сушильної камери, який досягнув кондиційної вологості, контролюється заслінками 7. Сухий матеріал подається на вивантажувальний пристрій 8. Висушене насіння підлягає кінцевому тонкому очищенню на насіннєочисних машинах.

Висновки: При вирощуванні льону олійного пріоритетним є одержання високоякісного насіння, яке містить до 50% олії. В процесі збирання і післязбирального обробітку важливо забезпечити умови, які б сприяли збереженню якості насіння льону олійного при його зберіганні. В результаті проведених експериментальних досліджень було встановлено, що при сушінні

температурами 45°C не виявлено суттєвої зміни енергії проростання насіння, при сушінні насіння льону температурами 65°C енергія проростання суттєво знижується, при цьому схожість насіння, яке піддавалося сушінню температурами 65°C протягом 5 хв. зменшилась від 95 до 83 %.

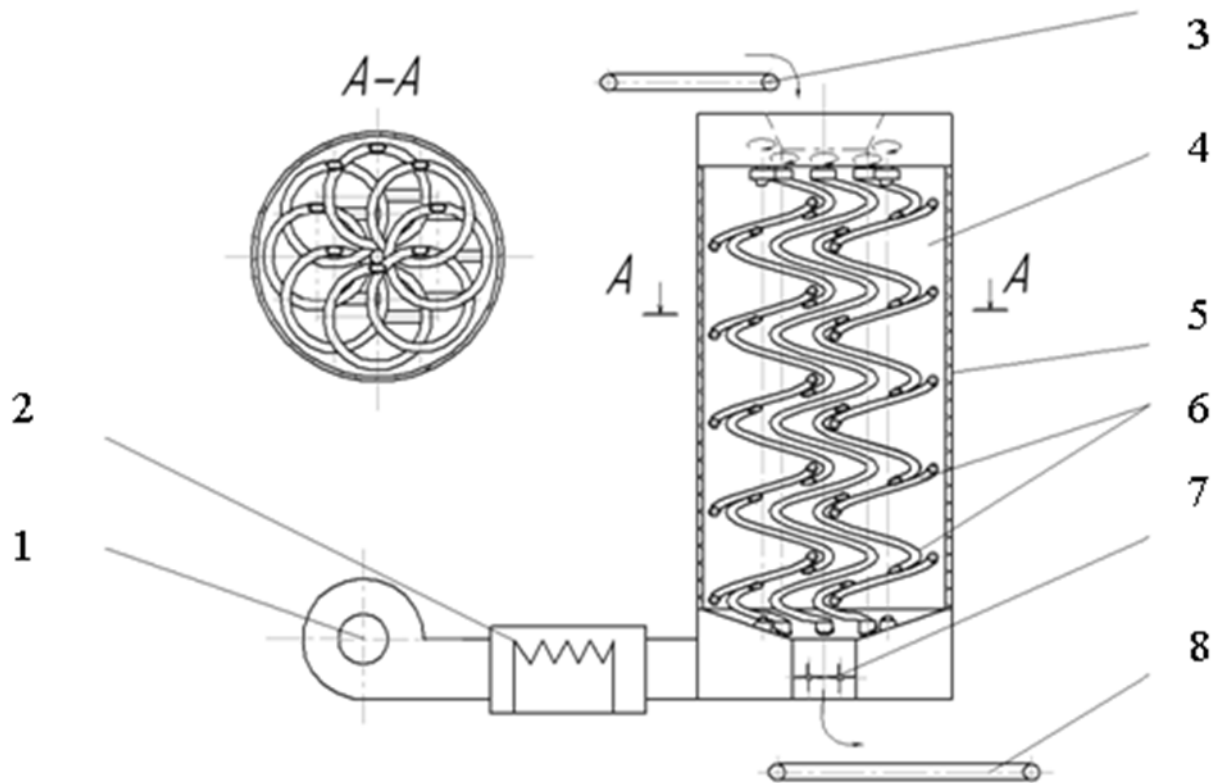


Рис.6. Сушарка для насіння льону олійного:

1 – вентилятор; 2 – калорифер; 3 – завантажувальний пристрій; 4 – сушильна камера; 5 – перфорована стінка; 6 – спіралеподібні активні робочі органи; 7 – заслінки; 8 – вивантажувальний пристрій

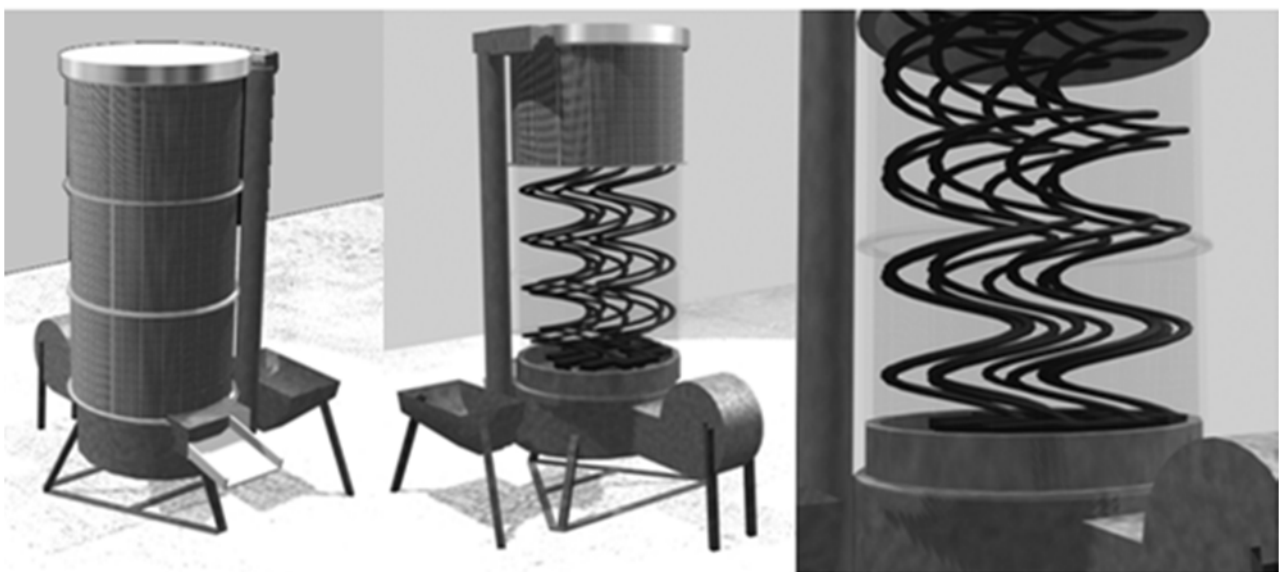


Рис.7. Зовнішній вигляд сушарки для насіння льону олійного

В результаті аналізу існуючих типів сушарок, їх недоліків при сушінні насіння льону олійного, запропонована нова конструкція сушарки, детальне обґрунтування параметрів якої сприятиме вирішенню проблем збереження якості насіння льону олійного на етапі післязбирального обробітку і зберігання.

Література

1. Живетин В. В. Лен вчера, сегодня, завтра / В. В.Живетин, Л. Н. Гинзбург, А. И. Рыжов. – М. : ИПО «Полигран», 1995. – 126 с.
2. Живетин В. В. «Масличный лен и его комплексное использование / В. В. Живетин, Л. Н. Гинзбург – Центральный научно-исследовательский институт комплексной автоматизации легкой промышленности, 2000. – 92 с.
3. Санин А. А. Технология возделывания льна масличного в зоне Среднего Поволжья. Рекомендации / А. А. Санин, Л. А. Косых – Кинель, 2006.
4. Рогаш А. Р. Льноводство / А.Р.Рогаш – М. : Колос, 1967. – 583 с.: ил., [1] л. схем.
5. Лыков А. В. Теория сушки / А. В. Лыков – М. : «Энергия», 1968. – 472 с., ил.
6. Птицын С. Д. Зерносушилки / С. Д. Птицын. – М. : Машиностроение, 1966. – 180 с.
7. Дідух В. Ф. Підвищення ефективності сушіння сільськогосподарських матеріалів: Монографія / Володимир Федорович Дідух. – Луцьк: ЛДТУ, 2002. – 165 с.
8. Зеленко В. И. Конвективная сушка сельскохозяйственных материалов в плотном слое: Основы теории / В.И. Зеленко. – Тверь: Обл. кн.-журн. изд-во, 1998. – 96 с.
9. Котов Б. И. Технологические и теплоэнергетические основы повышения эффективности сушки растительного сырья: Дис. ... д-ра техн. наук: 05.20.01 / УААН, Ин-т механизации и электрификации с.х. / Борис Иванович Котов. – Глеваха, 1994. – 440 с.
10. Дідух В.Ф Збирання та переробка льону-довгунця. Монографія / В. Ф. Дідух, І. М. Дударєв, Р. В. Кірчук. – Луцьк : Ред.-вид. Відділ ЛНТУ, 2008. – 215 с.
11. Пат. № 56364 Україна, МПК (2006) F26 B11/00. Сушарка для сипких матеріалів / Ящук А.А; заявник і власник патенту Луцький національний технічний університет.; заявл. 02.07.2010.; опубл. 10.01.2011, бюл. № 1.

Аннотация

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА СУШКИ СЕМЯН ЛЬНА МАСЛИЧНОГО С РОЗРАБОТКОЙ КОНСТРУКЦИИ СУШИЛКИ

А. А. Ящук, Р.В.Кирчук, О.В.Голий

В статье приведены результаты исследования процесса сушки семян льна масличного при разных режимах. Проведено исследования влияния параметров сушки на всхожесть семян. Предложено конструкцию сушилки для семян льна масличного.

Abstract

RESEARCH OF PROCESS OF DRYING OF OIL FLAX SEED WITH DEVELOPMENT OF CONSTRUCTION OF DRYER

Yaschuk A., Kirchuk., R. Goliy O.

The results of the research of drying process of flax oilseed in various conditions are introduced in the article. The research of effect of drying parameters on seed germination is carried out. Flax oilseed dryer construction is suggested.

УДК 631.316+534.1

ДИНАМІЧНИЙ АНАЛІЗ ФРИКЦІЙНИХ АВТОКОЛИВАНЬ ВІБРАЦІЙНОЇ РОЗПУШУВАЛЬНОЇ ЛАПИ КУЛЬТИВАТОРА ПРИ СПРОЩЕНІЙ ХАРАКТЕРИСТИЦІ ТЕРТЯ.

Човник Ю.В., к.т.н, доцент, Гуменюк Ю. О. асистент.

Національний університет біоресурсів і природокористування України.

Проведений динамічний аналіз фрикційних автоколиваний вібраційної розпушувальної лапи культиватора при спрощені характеристикі тертя (опору) оброблюваного ґрунту. Встановлені основні кінематичні та силові характеристики, які виникають у робочому органі при взаємодії з ґрунтом.

Постановка проблеми. При взаємодії вібраційної розпушувальної лапи культиватора з ґрунтом виникають фрикційні автоколивання, для аналізу яких необхідно одночасно враховувати масу об'єкта, що коливається (робочий орган і приєднана маса ґрунту), та значних за величиною сил тертя. У загальному випадку така процедура призводить до значних труднощів при математичному моделюванні процесу взаємодії робочого органу з ґрунтом. Але у даному випадку такий розгляд необхідний. Так, наприклад, експериментальними дослідженнями встановлено [1, 2], що не завжди забезпечується плавний (безривковий) рух лапи культиватора при досить малих швидкостях, під час обробітку ґрунту. Замість бажаного руху виникає рух з періодичними зупинками. У подібних випадках має місце суттєва нелінійність процесу і у той же час розміри об'єктів, які коливаються, ніяк не допускають припущення про «відсутність маси» системи. Тому необхідним є ґрунтовний і всебічний аналіз фрикційних автоколиваний вібраційної розпушувальної лапи культиватора.

Аналіз останніх публікацій по темі дослідження. У роботах [3, 6] наведені загальні дані про автоколивання та автоколивальні системи. Зокрема, для автоколивальної системи з одним ступенем вільності руху характерна наявність на фазовій площині одного чи кількох стійких граничних циклів. Відповідно у автоколивальних системах можуть існувати кілька стаціонарних процесів з різними амплітудами [7 - 10]. встановлення конкретного процесу залежить від того, у якій області притягування знаходяться початкові умови. Автоколивання

можуть бути по формі близькі до гармонічних, але можуть і суттєво відрізнятися від них.

Наближений розв'язок подібних задач за допомогою спрощеної характеристики тертя [10], яка моделює процес взаємодії вібраційної розпушувальної лапи з ґрунтом.

Мета даної роботи полягає у встановленні основних закономірностей виникнення фрикційних автоколивань вібраційної розпушувальної лапи культиватора з ґрунтом методами розвиненими у роботах [6, 10], які дозволяють встановити межі стійкості можливого періодичного руху (автоколивання) та врахувати діючі у системі «лапа культиватора – оброблюваний ґрунт» характеристики тертя за спрощеним варіантом.

Виклад основного змісту дослідження. Модель автоколивань вібраційної розпушувальної лапи культиватора, яка взаємодіє з ґрунтом.

Модель взаємодії вібраційної розпушувальної лапи культиватора з ґрунтом подана на рис. 1. (Розглядається лише рух вздовж осі OX).

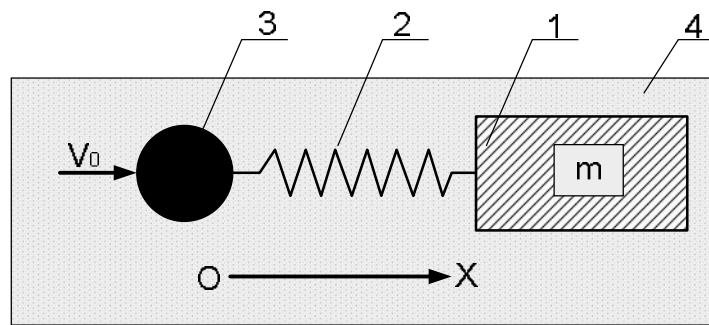


Рис. 1. Модель взаємодії вібраційної розпушувальної лапи культиватора з ґрунтом

На рис. 1 введені позначення: 1 – маса ґрунту та робочого органу, яка зв'язана пружиною 2 з ведучою ланкою 3 (підвіска). Швидкість руху останньої постійна і дорівнює V_0 (у ґрунті 4).

Нехай рух маси 1 та ланки 3 здійснюється зі спільною швидкістю V_0 . Спрощена характеристика тертя (сили опору ґрунту) при русі у ґрунті робочого органу подана на рис 2.

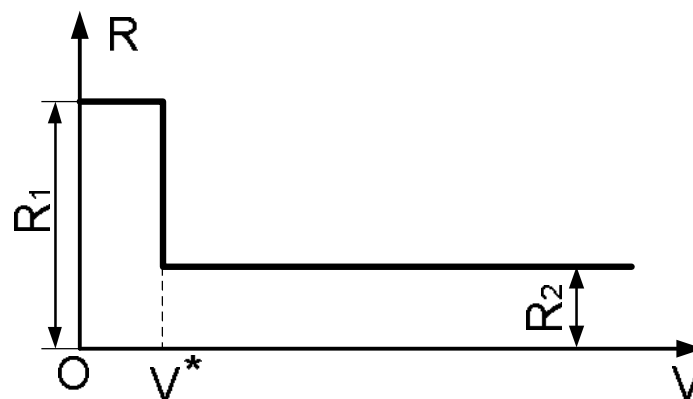


Рис. 2 Спрощена характеристика тертя у ґрунті при русі в ньому робочого органу з відносною швидкістю (V).

На рис 2: R_1 – сила тертя спокою ($V \rightarrow 0$); R_2 – сила тертя, яка виникає при русі у ґрунті робочого органу ($R_1 > R_2$). Слід зазначити, що R_1 реалізується не тільки при $V = 0$, але й при невеликих $0 < V < V^*$ відносних швидкостях руху робочого органу культиватора у ґрунті.

Нехай рух вантажу (маси m) 1 та ланки 3 здійснюється у початковий момент спостереження за системою з деякою $V_0 > V^*$, тоді сила пружності пружини P дорівнює силі тертя R_2 . Якщо ж швидкість V_0 досить мала ($V_0 < V^*$), може виявитися достатньою для зупинки руху маси m . Розглянемо, що відбудеться після цього.

Ведуча ланка 3, продовжуючи рух вправо, буде стискати пружину до тих пір, поки сила стискання P не зрівняється з максимальною силою опору (тертя) ґрунту R_1 . Оскільки після цього подальше зростання сили тертя неможливе, то відбудеться «зрив» маси m (1). При цьому сила тертя R_1 миттєво зменшиться до значення R_2 , тоді як сила стискання пружини $P = R_1$ миттєво не може змінитись і у першу мить руху, що розпочався, буде, як і раніше, дорівнювати R_1 . Саме момент зриву маси 1 приймаємо за початок відліку часу ($t = 0$); при цьому дорівнюють нулю як переміщення x робочого органу, так і його швидкість \dot{x} , тобто:

$$x = 0, \dot{x} = 0 \quad (1)$$

(У даному випадку не можна вважати миттєвого стрибка швидкості. Такому стрибку нескінченно велике прискорення, а відповідно, й нескінченно великі сили; тут на вантаж а1 у першу мить руху діє скінченна сила $R_1 - R_2$).

Розглянемо подальший рух маси 1. до поточного моменту часу довжина пружини зміниться на величину $(x - V_0 t)$ й сила пружності пружини зменшиться до величини:

$$P(t) = R_1 - c(x - V_0 t) \quad (2)$$

Диференціальне рівняння руху маси m запишеться у вигляді:

$$R_1 - c(x - V_0 t) - R_2 = m\ddot{x}, \quad (3)$$

або

$$\ddot{x} + p^2 x = p^2 V_0 t + \frac{R_1 - R_2}{m} \quad (4)$$

де $p^2 = \frac{c}{m}$, c – жорсткість пружини. Слід зазначити, що $p = \sqrt{\frac{c}{m}}$ –

власна частота коливань системи (власних її коливань).

Розв'язок рівняння (4), який відповідає початковим умовам (1), має вид:

$$x = V_0 t - \frac{V_0}{p} \sin pt + \frac{R_1 - R_2}{c} (1 - \cos pt) \quad (5)$$

Перший доданок правої частини (5) виражає рух зі швидкістю ведучої ланки системи 3, а інші складові – додаткові коливання маси m (рис. 2.).

Швидкість руху маси m змінюється за законом:

$$\dot{x}(t) = V_0 - V_0 \cos pt + \frac{p(R_1 - R_2)}{c} \sin pt \quad (6)$$

Наступна зупинка маси m відбудеться у момент, коли \dot{x} знову перетворюється у нуль. Умова зупинки $\dot{x} = 0$ призводить згідно співвідношення (6) до рівняння:

$$V_0 - V_0 \cos pt_1 + \frac{p(R_1 - R_2)}{c} \sin pt_1 = 0 \quad (7)$$

де t_1 – час від моменту зриву до нової зупинки.

Введемо безрозмірний параметр

$$\alpha = \frac{p(R_1 - R_2)}{cV_0} \quad (8)$$

Умова зупинки приймає вигляд:

$$\alpha \sin pt_1 = \cos pt_1 - 1 \quad (9)$$

Розв'язуючи це рівняння, знаходимо:

$$\sin pt_1 = -\frac{2\alpha}{1+\alpha^2}, \quad \sin pt_1 = \frac{1-\alpha^2}{1+\alpha^2}, \quad \sin pt_1 = -\frac{2\alpha}{1+\alpha^2} \quad \operatorname{tg} pt_1 = -\frac{2\alpha}{1+\alpha^2} = \frac{2\alpha}{\alpha^2-1} \quad (10)$$

Звідси можна знайти t_1 за формулою:

$$t_1 = \frac{1}{p} \operatorname{arctg} \left\{ \frac{2\alpha}{\alpha^2-1} \right\} \quad (11)$$

Далі за формулою (5) можна визначити абсцису x_1 маси m у момент нової зупинки, тобто шлях, який пройде маса m за час t_1 :

$$x_1 = V_0 t_1 - \frac{V_0}{p} \sin pt_1 + \frac{(R_1 - R_2)}{c} (1 - \cos pt_1) = V_0 t_1 + \frac{2\alpha V_0}{p} \quad (12)$$

Із урахуванням виразів (10) знайдемо за формулою (2) силу стискування пружини у момент зупинки:

$$p(t_1) = 2R_2 - R_1 \quad (13)$$

Оскільки $R_2 < R_1$, тоді $p(t_1) < R_1$; відповідно, після зупинки маса m деякий час буде залишатися на місці, поки сила пружності знову не досягне значення критичної сили опору (тертя) спокою R_1 .

За час, протягом якого маса m не рухається, сила стискання пружини поступово зростає на величину

$$\Delta P = R_1 - p(t_1) = 2R_1 - R_2 \quad (14)$$

й відповідне скорочення пружини складе:

$$\Delta l = \frac{\Delta P}{c} = \frac{2R_1 - R_2}{c} \quad (15)$$

Цій же величині дорівнює шлях, який проходить ведуча ланка за час, поки маса m стоїть на місці. Відповідно, тривалість стану спокою маси m дорівнює:

$$t_2 = \frac{\Delta l}{V_0} = \frac{2(R_1 - R_2)}{cV_0} = \frac{2\alpha}{p} \quad (16)$$

Той самий результат можна знайти з умови:

$$V_0(t_1 + t_2) = x_1 \quad (17)$$

яка виражає рівність переміщень маси m та ведучої ланки за період.

Таким чином, період автоколивань маси m визначається формулою:

$$T = t_1 + t_2 \quad (18)$$

а саме:

$$T = \frac{1}{p} \operatorname{arctg} \left\{ \frac{2\alpha}{\alpha^2 - 1} \right\} + \frac{2\alpha}{p} \quad (19)$$

Таким чином, у момент $t = T$ відбувається наступний зрив маси m і починається новий цикл автоколивань.

Чим меншою є швидкість ведучої ланки, тим більш різко виражений процес автоколивань. Дійсно, при малих значеннях V_0 безрозмірний параметр α стає досить великим, й з виразу (10) наближено впливає:

$$\sin pt_1 \rightarrow 0, \quad \operatorname{tg} pt_1 \rightarrow 0 \Rightarrow t_1 = \frac{\pi}{p} \quad (20)$$

При врахуванні виразу (16) період автоколивань наближено дорівнює:

$$T \approx \frac{\pi + 2\alpha}{p} \quad (21)$$

Значення другої складової у чисельнику збільшується зі зменшенням швидкості V_0 ; характер руху при двох різних малих значеннях V_0 показаний на

рис. 3. Зі зменшенням швидкості V_0 зростає період автоколивань T й одночасно зростає значення x_1 .

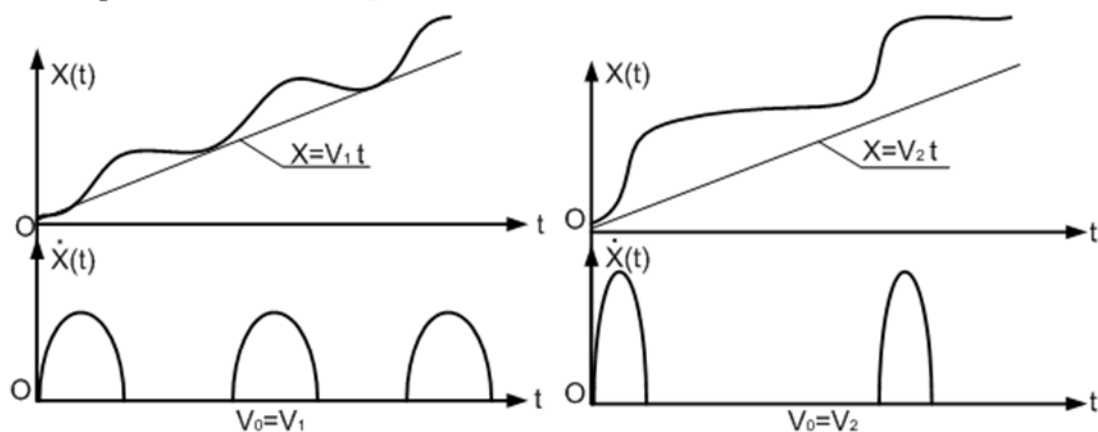


Рис 3. Характер руху при двох різних малих значеннях V_0 ($V_2 < V_1$)

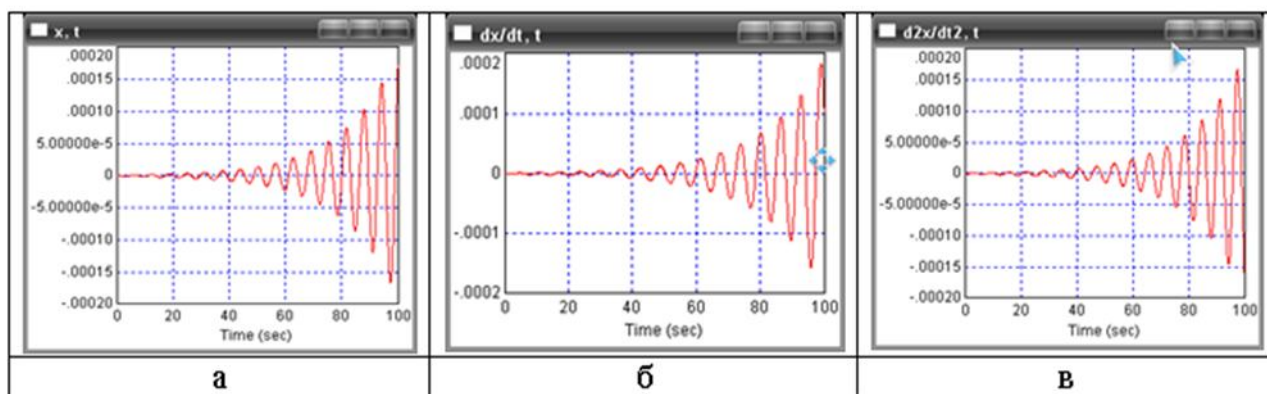


Рис.4. Залежності координати робочого органу (а), швидкості його руху (б), прискорення (в), та фазові портрети руху (класичний варіант (г) та неklasичні варіанти фазового портрету вищих порядків (д, е))

Висновки

Проведений динамічний аналіз фрикційних автоколивань вібраційної розпушувальної лапи культиватора при спрощеній характеристиці тертя показав, що характер руху системи «розпушувальна лапа культиватора - ґрунт» у оброблюваному ґрунті суттєво залежить від швидкості руху вказаної системи (вздовж поверхні ґрунту) V_0 . Чим вона менша, тим більшим є період автоколивань і швидкість (max) руху самого робочого органу. Чим більш жорсткою є система (коефіцієнт c), тобто чим більше її власна частота (p), тим меншою виявляється швидкість V_0 .

Отримані у роботі результати можуть бути використані для уточнення й удосконалення існуючих інженерних методів розрахунку параметрів руху та

силової взаємодії вібраційної розпушувальної лапи культиватора, при її взаємодії з ґрунтом.

Список використаних джерел

1. Гуменюк Ю.О. Установка для дослідження взаємодії робочих органів з ґрунтом. /Ю.О. Гуменюк, О.М. Дімчев, В.П. Ковбаса, М.М. Кучер //Механізація сільськогосподарського виробництва: Зб. наукових праць. /НАУ. – Київ, 2000. – Т.9. – С. 271 – 273.
2. Гуменюк Ю.О. Стан та напрямки досліджень ґрунтообробних робочих органів вібраційного типу. /Ю.О. Гуменюк //Науковий вісник НАУ– Київ, 2002. – Вип.40. – С. 142 – 147.
3. Бутенин Н.В. Элементы теории нелинейных колебаний /Н.В.Бутенин .Л.: Судпромгиз, 1962. – 195 с.
4. Кайдановский Н.Л. Механические релаксационные колебания./Н.Л. Кайдановский, С.Э. Хайкин //Журнал технической физики. – 1933. – Т.3, Вып. 1. – С. 17 – 28.
5. Попов Е.П. Приближенное исследование автоколебаний и вынужденных колебаний нелинейных систем. /Е.П. Попов // Известия АН СССР Серия ОТН. – 1954. - №5. – С. 11 – 22.
6. Вибрации в технике: Справочник в 6-ти томах . – М.: Машиностроение, 1979. – Т.2. Колебания нелинейных механических систем / Под ред. И.И. Блехмана. – 1979. – 351с.
7. Костерин Ю.И. Механические колебания при сухом трении. /Ю.И. Костерин. М.: Издательство АН СССР, 1960.
8. Теодорчик К.Ф. Автоколебательные системы/ К.Ф. Теодорчик М.: Физматгиз, 1957.
9. Харкевич А.А. Автоколебания. / Харкевич А.А.. – М.: Гостехиздат, 1953.
10. Пановко Я.Г. Основы прикладной теории упругих колебаний. /Я.Г. Пановко . – М.: Машиностроение, 1967.– 316 с.

Аннотация

ДИНАМИЧЕСКИ АНАЛИЗ ФРИКЦИОННЫХ АВТОКОЛЕБАНИЙ ВИБРАЦИОННОЙ РЫХЛИТЕЛЬНОЙ ЛАПЫ КУЛЬТИВАТОРА ПРИ УПРОЩЕННОЙ ХАРАКТЕРИСТИКЕ ТРЕНИЯ

Човнык Ю.В., Гуменюк Ю. О.

Проведен динамический анализ фрикционных автоколебаний вибрационной рыхлительной лапы культиватора при упрощенной характеристике трения (сопротивления) обрабатываемой почвы. Установлены основные кинематические и силовые характеристики, которые возникают в рабочем органе при взаимодействии с почвой.

Abstract

DINAMICALLY ANALYSIS OF FRICTION SELF-EXCITED OSCILLATIONS OF OSCILLATION BURSTER PAW OF CULTIVATOR AT SIMPLIFIED DESCRIPTION OF FRICTION

Chovnyk Y. V., Gomenyk Y.O

The article presents a dynamic analysis of frictional self-oscillations of the cultivator tillage tool in a simplistic characterization of friction (resistance) of the treated soil. The basic kinematic and power characteristics that arise in the tillage tool in contact with soil are described.

УДК 631.5/519.2-6

ЗАГАЛЬНІ ЗАСАДИ ФОРМУВАННЯ АСПЕКТІВ НАДІЙНОСТІ СКЛАДНОЇ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ

К.М. Думенко, к.т.н., доцент

Миколаївський державний аграрний університет

Проведений аналіз перспектив розвитку високонадійної зернозбиральної техніки. Сформовані основні переваги і недоліки вітчизняної зернозбиральної техніки порівняно з показниками зарубіжної. Намічені основні шляхи вирішення проблеми з позиції підвищення надійності

Постановка проблеми. На сьогодні забезпечення надійності складної техніки у тому числі і сільськогосподарської потребує особливої уваги. Підхід, що базується тільки на раціональному проектуванні, виходячи з інтуїтивних уявлень і досвіду конструктора вже не є достатній для розробки сучасних складних машин. Про необхідність виділення питань забезпечення надійності сучасних машин, їх комплектів і систем в окремий науковий напрямок говорить наступне [1, 2]:

- постійне ускладнення машин у напрямку підвищення багатоопераційності і продуктивності, що потребує приділення особливої уваги проблемі їх розробки на стадії проектування;
- скорочення термінів розробки і економічні обмеження, що унеможливають використання в повному обсязі результатів багаторічної експлуатації машин і їх систем;
- необхідність урахування людського фактору при експлуатації складної техніки в реальних умовах обмеженості часу на прийняття управлінського керуючого рішення;
- успіхи теорії і практики науки про надійність технічних систем досягнуті за останні роки в механіці та інших розвинутих в цьому напрямку галузях промисловості.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Надійності технічних систем і

комплексів присвячено багато досліджень, що охоплюють як відновлюємі, так і невідновлюємі системи. Значна більшість таких робіт виконана для енергетичних, електричних, комп'ютерних та інших систем і в меншій степені такі дослідження відомі в галузі побудови складних механічних систем, до яких можна віднести і сучасні сільськогосподарські машини.

В той же час, як відомо, основною структурною схемою надійності механічних систем є послідовне з'єднання елементів в результаті якого загальний рівень надійності системи без вживання спеціальних заходів знижується. Заходами із забезпечення необхідних показників надійності складних систем можуть бути: підвищення рівня надійності окремих підсистем (елементів), або розробка нових конструктивних рішень (структур) системи.

У першому напрямку запропоновано достатньо багато різноманітних методів підвищення надійності, насамперед, окремих елементів, що лімітують загальну надійність виробу. До нього відносяться методи зміцнення робочих поверхонь тертя різними матеріалами і технологіями. На сьогодні існує велика їх кількість. Наукове завдання застосування методів, матеріалів і технологій зміцнення полягає у виборі кращих для реалізації в тих чи інших деталях і вузлах з урахуванням конкретних умов експлуатації.

Другий напрямок забезпечення надійності систем пов'язаний з розробкою таких структурних систем, які б забезпечували необхідний рівень надійності при помірних додаткових витратах. Цей підхід потребує знаходження творчо нових конструктивних рішень з розробкою і використанням аналітичних методів виявлення оптимальних структур виробу, що задовольняють вимогам надійності. Рішення цієї проблеми можливе на основі графічного моделювання стану систем і розрахунку ймовірностей знаходження їх в тому чи іншому (роботоздатному або за різними причинами у нероботоздатному) стані.

Формування мети статті. У цьому напрямку інші галузі машино і приладобудування мають відповідні напрацювання реалізовані в конкретних виробках і їх комплексах. Особливо це стосується електроніки [3, 4], де схемні рішення і елементна база допускають більш гнучку реалізацію різних видів резервувань.

Механічні системи більш консервативні стосовно забезпечення надійності і удосконалення структури виробу. Але вони також, як правило, допускають можливу різноманітність рішень.

Розробка систем з урахуванням необхідного рівня надійності передбачає:

- обґрунтування рівня надійності (показників надійності). Для цього необхідно вирішити питання основної структури системи і принципів її побудови;
- аналіз можливих способів досягнення поставленого рівня надійності і на підставі цього вибір найбільш ефективних методів їх досягнення;
- кінцеве розрахунок надійності з метою перевірки отриманих результатів.

Виділення невирішених раніше проблем. Таким чином структурний аналіз повинен бути початковим етапом при розробці нової техніки і визначати

основні елементи системи, взаємозв'язок між ними, що в свою чергу надає системі притаманні їй ознаки. Результатом структурного аналізу є визначення множини можливих несумісних станів, яка включає як роботоздатні так і нероботоздатні.

Виклад основного матеріалу. На сьогоднішньому рівні розробок структура механічних систем складної сільськогосподарської техніки і комплексів машин для рослинництва і тваринництва багато в чому визначається тільки їх функціональним призначенням. Сучасна сільськогосподарська техніка, як правило, не відрізняється складністю внутрішньої структури. З позицій надійності в першому приближенні структуру зводять до основної схеми надійності – тобто послідовного з'єднання елементів. При цьому, на жаль, на стадії проектування не закладаються елементи структурної надійності як наслідок попереднього розрахунку на надійність. І навіть в питаннях пасивного резервування, коли мова іде про необхідність раціонального нормування запасних частин, відсутній необхідний аналіз і обґрунтування забезпечення рівня надійності загальної системи. При такому підході основні варіації структур можуть знаходитись в елементах пасивного резервування і в деяких окремих випадках конструкція може допускати активне резервування.

Створення нового покоління більш сучасної сільськогосподарської техніки нерозривно базується на аналізі роботи і виявленні недоліків при експлуатації попередніх машин.

В загальному випадку послідовність оцінки і розрахунку рівня надійності існуючих технічних систем зводиться до наступних етапів [5-8]:

- фіксуються умови експлуатації і рівень навантажень системи;
- вводяться показники кількісної оцінки, що характеризують роботу системи;
- складна система розкладається на окремі підсистеми і елементи функціонально пов'язані між собою;
- складаються функціональні схеми систем;
- визначаються показники надійності елементів і підсистем і виявляються ймовірності їх станів в довільний момент часу роботи;
- встановлюються ймовірності станів всієї системи в залежності від станів окремих елементів і підсистем;
- проводиться загальна оцінка показників надійності всіх можливих станів системи.

Реалізація приведених етапів відкриває можливість дослідження і аналізу ймовірностей станів систем, переходів їх з одного стану в інший в зв'язку з частковою (параметричною) або повною втратою роботоздатності. Це пов'язане з формуванням поступових або раптових відмов.

Моделювання надійності в умовах перехідних процесів представляє труднощі математичної їх формалізації. Але неврахування змін характеристик надійності на протязі часу експлуатації виробу чи в динамічних режимах навантажень, вносить відповідні неточності і неадекватність опису втрати

роботоздатності системою. Частково це може бути враховано λ - характеристикою надійності – інтенсивністю відмов. Хоча вона і не розкриває фізики формування відмов, все ж може бути використана при математичній формалізації вирішення задачі пошуку оптимальної структури системи.

Таким чином аналіз і визначення змін λ - характеристик в реальних умовах експлуатації займає особливе місце в дослідженні надійності технічних систем. Ця ситуація більш реальна до рядового використання машин коли внаслідок їх зношення, «втомленості», розрегулювання і так далі змінюються режими роботи вузлів, а також вихідні параметри, які і міняють λ - характеристику надійності.

Існуючі спроби характеризувати складну сільськогосподарську техніку як системи з позицій надійності в кращому випадку зводяться до побудови моделей типу «все або нічого», тобто машина або роботоздатна або нероботоздатна (відмовивша). Такі моделі не враховують процес формування параметричної втрати надійності при проявленні поступових відмов.

Таким чином, ґрунтуючись на статистичних закономірностях втрати роботоздатності складної сільськогосподарської техніки, аналізу ймовірностей стану окремих підсистем і елементів, відкривається можливість побудови моделей надійності, які адекватно з достатньою точністю описують поведінку систем. На підставі цього формуються напрямки підвищення надійності за рахунок збільшення ймовірності безвідмовної роботи окремих елементів, оптимізації структур підсистем за критеріями надійності, а також вивчення ймовірностей стану підсистем з метою введення елементів активного і пасивного резервувань. В цілому кінцевою метою проведення таких досліджень є розробка техніки з рівноресурсними підсистемами, які б звели витрати на технічне обслуговування і ремонт до мінімуму.

У загальному сприйнятті під складною системою розуміється сукупність підсистем (вузлів, агрегатів, машин), що об'єднані функціонально або конструктивно для виконання завдань за призначенням [9].

Будь-яку машину або їх сукупність можна розділити на окремі підсистеми, тобто самостійні одиниці, завершені блоки або агрегати, що входять в загальний комплекс для виконання поставлених завдань.

Завдання сільськогосподарського виробництва передбачають виконання завершених корисних дій для досягнення необхідних ступенів механізації, електрифікації або автоматизації процесів в галузі. В загальній класифікації, виходячи з впливу відмов на виконання робіт, системи можуть бути розділені на дві групи: прості і складні.

Проста система, як правило, при відмові складового елемента відмовляє, якщо її конструкцією не передбачено постійно включене резервування. Тобто відбувається дискретний перехід системи з роботоздатного в нероботоздатний стан.

Складні системи відрізняються функціональною надлишковістю, яка відкриває можливість продовження функціонування при втраті роботоздатності окремими елементами. Це стає можливим завдяки застосуванню в такій системі функціонального резервування. В результаті система внаслідок відмов окремих елементів може тільки частково втрачати свою роботоздатність, знижуючи

функціональні показники стосовно тієї роботи що виконує. В цьому випадку поняття відмови системи носить неоднозначний характер і для його уточнення необхідно визначити граничні значення функціональних показників, після досягнення яких подальша експлуатація системи стає не ефективною і не доцільною.

Таким чином відмова складної технічної системи визначається як подія, пов'язана з виходом показників ефективності роботи за встановлені межі.

Відмови систем представляють собою випадкові події, для вивчення яких правомірно застосувати математичний апарат теорії ймовірності і випадкових процесів. Однак рамки математичного опису подій відмов обмежені їх статистичною стійкістю появ.

Розраховані статистичні характеристики складають основу для побудови ймовірних основних залежностей і можуть бути використані для прогнозування надійності технічних систем.

Події відмов характеризуються потоками їх появи. Простіші потоки, якими можуть бути описані параметри, що характеризують відмови в стаціонарних режимах експлуатації повинні відповідати властивостям:

- стаціонарність, що характеризує ймовірність попадання певної кількості відмов в інтервал часу Δt і кількісно залежить тільки від довжини цього інтервалу, а не від його положення на вісі часу;
- післядії, яка полягає в тому, що кількість подій на довільному відрізку часу Δt не залежить від кількості подій на інших відрізках;
- ординарність, яка характеризується тим, що ймовірність двох і більше подій на відрізку часу Δt дуже мала порівняно з ймовірністю виникнення однієї події.

Особливу складність представляє вирішення важливих проблем забезпечення надійності на стадії проведення науково-дослідних і проектних робіт з пошуку конфігурації системи і визначення її основних експлуатаційних параметрів. Результатом проведення цих робіт є встановлення можливих структурних, компоновочних і конструктивних варіантів системи виходячи з вимог надійності при їх функціонуванні. Дослідження надійності на ранніх стадіях розробки техніки пов'язані, насамперед, з прогнозуванням показників надійності. Крім того, на підставі попередніх призначених характеристик уточнюються можливі загальні структури систем, їх конструктивні особливості і компоновочні рішення. Тут важлива роль належить математичним методам, які чуттєво зменшують матеріальні витрати на отримання попередніх даних стосовно проектування надійної техніки. На цьому етапі доцільна постановка і вирішення питання оптимізації систем за показниками їх надійності.

За допомогою математичного моделювання оцінюється надійність техніки на етапі її створення, при виборі варіантів структурної побудови і організації майбутніх обслуговуючих і ремонтних операцій.

Під моделлю надійності систем розуміється такий аналітичний, статистичний або фізичний спосіб відображення реальності (машин, системи), який замінює їх по властивості формування і реалізації надійності, тобто дає достатню інформацію про надійність об'єкта, який досліджується.

Завданням моделювання є встановлення зв'язків між структурою машини чи їх комплексів, умовами експлуатації, діючими навантаженнями, технічними рішеннями окремих елементів і характеристиками надійності досліджуваних систем.

Чим точніше описує модель реальний об'єкт, тим краще вона відображає його властивості надійності. Однак підвищення точності моделювання пов'язане із ускладненням самої моделі. Тому раціональним є досягнення компромісу між достатньою точністю моделювання і створенням доступних для реалізації моделей.

Моделі надійності можна класифікувати наступним чином [2] (рис. 1). Як видно з блок-схеми моделі надійності систем можуть бути, як параметричними, так і в термінах відмов елементів. Перші розробляються на основі представлення вихідних показників систем як випадкових функцій від зміни вхідних параметрів надійності елементів, що змінюються протягом експлуатації. В цьому випадку описуються формування параметричних функціональних відмов по параметру, який виходить за межі допустимого.

Моделі в термінах відмов будуються на чітких визначеннях понять відмов складових елементів. При цьому встановлюється вплив відмов елементів на стан і надійність системи взагалі.

Всі вказані моделі надійності можуть створюватися на основі аналітичних, статичних або комбінованих побудов.

Важливим при розробці моделей надійності є врахування:

- структурних компонованих і конструктивних рішень розробки;
- видів і характеристик особливостей проявлення відмов елементів;
- особливостей умов експлуатації.

На стадії розробки систем особлива увага приділяється формуванню структури системи, архітектура якої повинна визначатися в залежності від параметрів складових елементів. При цьому існує можливість варіювати структурою в залежності від заданого рівня надійності всієї системи і показників надійності окремих елементів, що входять в неї складовими.

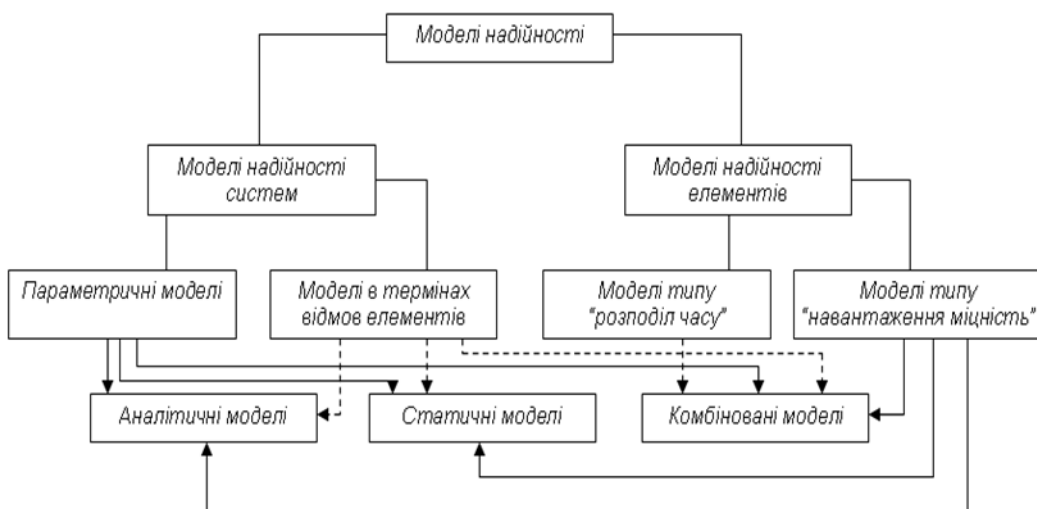


Рис. 1. Класифікація видів моделей надійності машин і їх складових

Активними факторами підтримки необхідного рівня надійності системи є експлуатаційно-технічні, які пов'язані з періодичністю проведення регламентних робіт по обслуговуванню і ремонту техніки в разі такої необхідності.

Друга група експлуатаційних факторів, що обумовлені дією навантажень, впливом середовища і умовами експлуатації, навпаки спрямовані на формування відмов елементів і систем в цілому.

В загальному вигляді модель, що описує надійність систем може бути представлена в неявному вигляді наступним чином [12]:

$$H = \Phi[F(r_i, \tau_i, N), U(r_i, \tau_i, \delta, T_c, T_n, N)], \quad (1)$$

де H - показник надійності системи, досліджується;

$F(r_i, \tau_i, N)$ - функціональне представлення структури системи взаємозв'язків елементів протягом деякого часу τ_i ;

r_i - показник надійності i -го елемента;

N - число елементів у системі;

U - оператор, що враховує ступінь впливу керуємих експлуатаційних факторів на рівень надійності систем;

δ - об'єм робіт по технічному обслуговуванню систем;

T_n - період проведення технічного обслуговування систем;

T_c - час зниження готовності системи при обслуговуванні.

Функції, які встановлюють зв'язки між елементами системи Φ і F визначають вид самих моделей, ступінь їх точності і напрямки вирішення завдань забезпечення необхідного рівня надійності.

Висновок: При побудові моделей надійності систем необхідно приділяти увагу оптимізації їх архітектури і аналізу якості структурних схем [11]. Для математичного моделювання систем використовується апарат теорії множин, теорія відношень, теорія графів і матричне обчислювання [11, 12]. Приведені рекомендації з перетворення структурних схем до еквівалентних, що допускають математичний аналіз і оптимізацію їх властивостей по тим чи іншим критеріям.

Список використаної джерел

1. Жалнин Э.В. Прогнозы развития зерноуборочной техники // Техника в сел. Хозяйстве. – 1998. - №4.
2. Войтюк Д.Г. Начальна проблема сьогодення - поповнення парку зернозбиральних комбайнів.// Техніка АПК – 2001. - № 4 – с. 21.
3. Комплект нормативно-технических и методических документов для организации и функционирования вторичного рынка подержанной техники в АПК (концепция, положение, методики, нормативы) М.2000 г. С. 116.
4. Проблемы технического сервиса в АПК России. М. 2000г. с. 309
5. Труханов В.М. Краткий курс теории и практики надежности сложных

- систем: Учебное пособие. Волгоград: ВолгГТУ, 1996. 118 с.
6. Труханов В.М. Методы обеспечения надежности изделий машиностроения. М.: Машиностроение, 1995. 304 с.
 7. Хальд А. Математическая статистика с техническими приложениями. М.: Иностранная литература, 1956. 379 с.29.
 8. Шор Я.Б. Статистические методы анализа и контроля качеств и надежности. М.: Советское радио. 1966. 550 с.
 9. Данченко В. Комбайны «САМПО» в Україні (из опыта эксплуатации)// Новини агротехніки. – 2002. - №6.
 10. Коваль С.Н. Эффективность применения уборочного комплекса машин на базе универсального энергосредства УЭС-250А // Техника АПК. – 2002.- № 1-2.- с.11-14.
 11. Севернев М.М., Каплун Г.П., Василец Ф.П. Эксплуатационная надежность сельскохозяйственных машин. – Минск: Урожай, 1981.
 12. Сковородин В.Я., Тишкин Л.В. Справочная книга по надежности сельскохозяйственной технике. – Лениздат., 1985. – с.202.

Аннотация

ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ФОРМИРОВАНИЯ АСПЕКТОВ НАДЕЖНОСТИ СЛОЖНОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

К.Н. Думенко

Проведен анализ перспектив развития высоконадежной зерноуборочной техники. Сформированы основные преимущества и недостатки отечественной зерноуборочной техники в сравнении с показателями зарубежной. Намечены основные пути решения проблемы с позиции повышения надежности. – Рис. 1, библиогр. 12.

Abstract

GENERAL PRINCIPLES OF FORMING OF ASPECTS OF RELIABILITY OF DIFFICULT AGRICULTURAL TECHNIQUE

K. Dumenko

The analysis of prospects of development of hi-rel harvester technique is conducted. Basic advantages and lacks of domestic harvester technique are formed by comparison to indexes foreign. The basic ways of decision of problem are set from position of increase of reliability.

ОБҐРУНТУВАННЯ ГІПОТЕЗИ БЕЗКОНТАКТНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ

В.В.Падалка, кандидат технічних наук

Полтавська державна аграрна академія

Розглянуто обґрунтування гіпотези безконтактного обробітку ґрунту. Сформульовані першочергові завдання для її вирішення. Запропоновано принципову схему безконтактного обробітку ґрунту.

Постановка проблеми: З давніх років обробіток ґрунту виконується виключно механічними робочими органами. В свою чергу, механічний контакт різальних поверхонь робочих органів з ґрунтом створює безліч проблем пов'язаних із абразивною стійкістю матеріалу машин, зменшенням їх тягового опору, створенням оптимальних режимів роботи та отримання відповідної якості поверхні ґрунту. Основні наукові розробки, що пов'язані з ґрунтообробними машинами направлені на аналіз конструкцій, пошук оптимальних параметрів та режимів їх роботи. Нажаль, за останні роки науковий світ не знайшов, за виключенням окремих випадків, таких конструкцій та методів обробітку, що в повній мірі задовольнили б землеробів по енергетиці та якості обробітку ґрунту.

Аналіз основних досліджень та публікацій в яких започатковано розв'язання проблеми: Сучасні науковці, які досліджують питання обробітку ґрунту в своїх роботах розвивають та вдосконалюють теоретичні та практичні знання, що започаткував академік В.П.Горячкін [1,2], який в своїх працях теоретично аргументував роботу тригранного клину в ґрунті, обґрунтував визначення сил, що діють на робочий орган в умовах кожного типу ґрунтів. Теоретичним обґрунтуванням робочого процесу взаємодії робочого органу з ґрунтом займалися: Гільштейн П.М. [3], Дубровін В.О., Панов І.М., Сінеоков Г.Н.[4], Кувшинов А.О., Кушнарєв А.С. [5], Гуков Я.С., Пащенко В.Ф., Зеленин А.Н.. Значний вклад в розвиток теорії та практики використання коливального руху в технологічному процесі обробітку ґрунту внесли радянські вчені – академік І.І. Артоболевський, академіки ВАСХНІЛ М.Н. Летошнев, В.А. Желиговський, П.М. Василенко, М.Е. Мацепуро; доктори наук Бабицький Л.Ф., Д.Д. Баркан, А.Н.Гудков, А.А. Дубровський, Р.Л. Сахапов та інші.

Ці та інші наукові роботи пов'язують показники якості та енергоємності обробітку ґрунту, визначають тип і параметри робочих органів їх конструкцію, режимами роботи агрегату та їх залежать від агрофізичних властивостей ґрунту в період обробітку.

Мета досліджень. Запропонувати гіпотезу про безконтактний обробіток поверхні ґрунту та узагальнити наукові дослідження, які потрібно провести для практичної її реалізації.

Результати дослідження. Є цікавим і доцільним розглянути такий напрямок наукових досліджень, який буде сприяти створенню технологій

безконтактного обробітку ґрунту та охоплював розробку теоретичних основ безконтактної дії на ґрунт, створення лабораторних, польових та промислових зразків машин і механізмів. Досліджував вплив новостворених робочих органів на екосистему ґрунтового середовища.

Узагальнюючи існуючі теоретичні та практичні досягнення можливо зробити наступне припущення:

Обробіток поверхні ґрунту можливий за рахунок короткочасної або високочастотної імпульсної ударної дії, яка створюється спрямованим струмом рідини або газу із швидкістю наближеною до звукової, що дозволить зменшити енергетичне, механічне та антропогенне навантаження на ґрунтове середовище з метою отримання бажаних властивостей поверхні із збереженням екологічної структури в ґрунті.

Для підтвердження висунутої гіпотези потрібно провести ряд теоретичних та експериментальних досліджень, які сформульовано в наступних завданнях:

Розробити теоретичну модель дії на ґрунт імпульсу рідини або газу врахувавши:

- фізичні властивості ґрунту (тип ґрунту, вологість, структурність, щільність та інші);
- агротехнічні вимоги до поверхневого обробітку ґрунту;
- утворення поверхневих хвиль та резонанс при їх виникненні;
- потужність, напрямок дії та швидкість імпульсу.

Провести аналіз конструкцій механізмів здатних до генерування імпульсного удару рідиною або газом, з врахуванням їх використання на мобільних машинах.

Розробити та виготовити експериментальний зразок машини безконтактного обробітку ґрунту. Розробити план та методику лабораторних досліджень.

В лабораторних умовах перевірити адекватність експериментально отриманих результатів із теоретичною моделлю.

В польових умовах перевірити вплив запропонованого методу обробітку на екосистему ґрунту (рослини, тварини).

Визначити та обґрунтувати оптимальні параметри запропонованої машини для якісного виконання технологічного процесу.

Розробити рекомендації до виготовлення експериментальної моделі ґрунтообробної машини.

Визначити економічну ефективність запропонованого методу обробітку ґрунту.

Виконання технологічного процесу запропонованим безконтактним методом обробітку ґрунту (рис.1.) полягає в наступному. Генератор імпульсу 1 під кутом α спрямовує направлений потік рідини або газу на необроблену поверхню ґрунту 3. Траєкторія 2 імпульсу прийнята із врахування створення хвилі з ґрунту, що завдяки резонансним явищам утворює гребінь. Під час короткої ударної дії відбувається кришіння ґрунту та зменшення об'ємної маси

на глибині дії. Наступний потік 6 відбувається з інтервалом часу, що дозволяє наступному імпульсу діяти на необроблену ділянку.

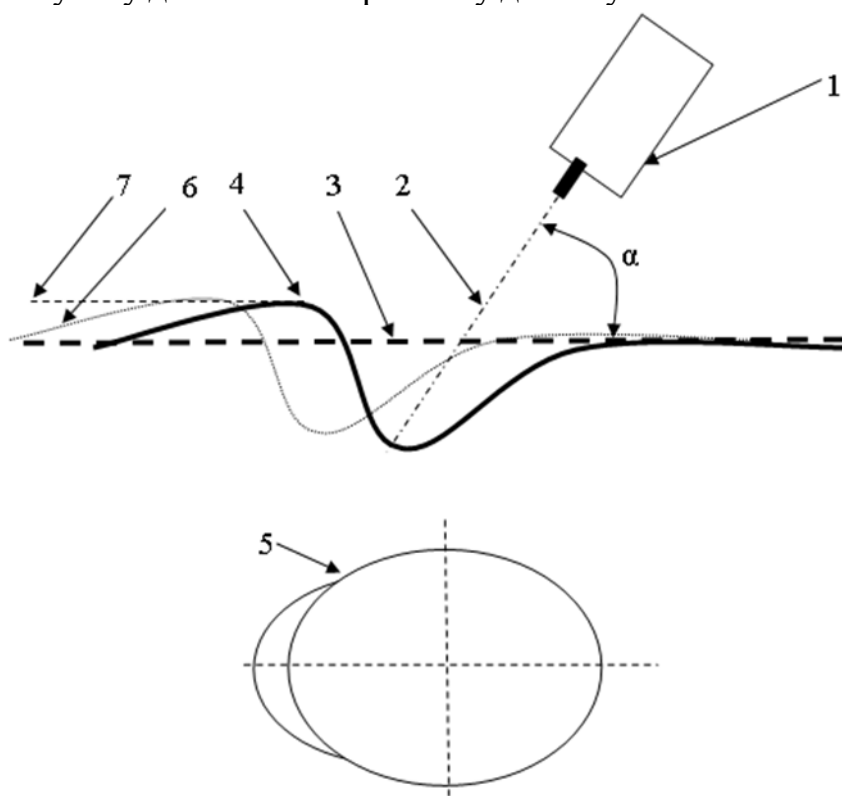


Рис.1. Принципова схема методу безконтактного обробітку ґрунту

1- генератор імпульсу, 2 – напрямок дії імпульсу, 3- поверхня необробленого поля; 4 – гребінь ударної хвилі, 5 – епіцентр ударної хвилі; 6- фронт попередньої хвилі; 7 - поверхня обробленого поля.

Глибина обробітку, ступінь кришіння та інші агрофізичні властивості ґрунту безпосередньо залежать від потужності імпульсу та кута його спрямування.

Впровадження запропонованої схеми безконтактного обробітку ґрунту дозволить:

- уникнути необхідність відновлення поверхонь контакту робочих органів з ґрунтом,
- витрати енергії на привід машини майже повністю зконцентруються на створення відповідного імпульсу рідини або газу,
- в якості активної рідини можливо застосувати воду, рідкі добрива та поєднати одночасно поверхневий обробіток з підживленням,
- поєднати обробіток з посівом сільськогосподарських культур, розташувавши відповідні посівні елементи за фронтом ударної хвилі.

Висновки: наукове підтвердження гіпотези безконтактного обробітку ґрунту та вирішення поставлених завдань дозволить значно скоротити енергетичні витрати при обробітку ґрунту та розробити ґрунтообробні машини з принципово новою активною дією на ґрунт, поєднати декілька технологічних операцій при вирощуванні сільськогосподарських культур.

Список використаних джерел

1. Горячкин В.П. Теория плуга / Горячкин В.П.: Собрание сочинений, Т.4.. – М.: Сельхозгиз., 1940. – 347с.
2. Горячкин В.П. Собрание сочинений, (Т.3.) / Горячкин В.П. [2–е изд.]: – М.: Колос, 1968. – 457с.
3. Гильштейн П.М. Почвообрабатывающие машины специального назначения / Гильштейн П.М., Стародинский Д.З., Циммерман М.З.. – М.:Машиностроение, 1964. – 345с.
4. Синеоков Г.Н. Проектирование почвообрабатывающих машин. / Синеоков Г.Н. – М.:Машиностроение, 1965. – 148 с.
5. Кушнарев А.С. Механико–технологические основы обработки почвы. / Кушнарев А.С., Кочев В.И. – К.:Урожай, 1989. – 144 с.

Аннотация

ОБОСНОВАНИЕ ГИПОТЕЗЫ БЕСКОНТАКТНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

В.В.Падалка

Рассмотрено обоснование гипотезы бесконтактной обработки почвы. Определены первостепенные задачи для её решения. Предложена принципиальная схема бесконтактной обработки почвы.

Abstract

GROUND HYPOTHESIS OF THE CONTROLLED FROM DISTANCE TREATMENT OF SOIL

V. Padalka

The ground hypothesis of the controlled from distance treatment of soil considered. Primary tasks are certain for its decision. The principle chart of the controlled from distance treatment of soil is offered.

УДК 631.53.027.34:633

СПОСІБ ПЕРЕДПОСІВНОГО ОПРОМІНЕННЯ НАСІННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР УЛЬТРАВІСОКОЧАСТОТНИМ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИМ ПОЛЕМ

Петровський Олександр Миколайович

Полтавська державна аграрна академія

На основі сучасних уявлень про передпосівну обробку насіння сільськогосподарських культур електромагнітними полями різних діапазонів запропоновано новий спосіб опромінення. Визначена послідовність операцій і обґрунтовано потребу в технічних засобах для реалізації відповідної

технології. Знайдені оптимальні режими впливу УВЧ опромінення. Показано тепловий і електромагнітний вплив поля на насіння. На базі теоретичних розрахунків і експериментальних досліджень доведено позитивний результат від реалізації розробленого способу.

Передпосівна обробка насіння сільськогосподарських культур позитивно впливає на схожість і ріст рослин [1]. В свою чергу рання схожість рослин, після обробки насіння та зменшення часу вегетації, призводить до більш рівномірного розподілу, у часі, енергонавантаження і ресурсів виробництва, що є визначальним для виробничої ефективності.

Важливим випадком передпосівної обробки є використання електромагнітних полів [1-5]. Така обробка може здійснюватися НВЧ, УВЧ, та лазерним випромінюванням. В залежності від типу випромінювання можуть використовуватися різні установки.

Позитивний результат передпосівної обробки з використанням електричних методів може бути одержаний за допомогою електричних полів різної частоти, починаючи з постійних полів ($f = 0$) до електромагнітних полів оптичного діапазону. До методів передпосівної обробки насіння за рахунок постійних полів належить метод в якому насіння перед сівбою пропускається через коронний розряд [6]. Результатом є прискорення проростання і підвищення врожайності різних сільськогосподарських культур. Оптична стимуляція насіння здійснюється переважно за допомогою лазерного випромінювання. Так за даними НДІ лазерної біології і лазерної медицини Харківського національного університету ім. В.Н. Каразіна за рахунок передпосівної лазерної обробки насіння одержано значний приріст врожаю різних сільськогосподарських культур в межах 12...32%. При використанні НВЧ суттєвим фактором є інформаційний вплив, а при використанні лазерного опромінювання цей фактор – основний [7, 8]. При цьому електромагнітне поле стимулює різні механізми, що мають позитивний вплив на насіння.

Частіше всього використовується енергія електромагнітних хвиль радіочастотного діапазону (переважно ВЧ і НВЧ) Енергія електромагнітного ВЧ і НВЧ випромінювання не тільки дозволяє стимулювати життєво важливі процеси, але може одночасно використовуватись для сушки і знезараження зерна. Обробка таким випромінюванням значно зменшує негативний вплив, на схожість, хімічної обробки зерна при дезинсекції та дезінфекції.

Розглядаючи механізм взаємодії електромагнітних полів з біологічними об'єктами, до яких можна віднести і насіння, а також явища, що викликає ця взаємодія, можна виділити основні положення. Електромагнітні поля різних діапазонів мають різний вплив на біологічні об'єкти. Істотним фактором є інтенсивність впливу (хоча ефект у деяких випадках може залишатися незмінним у великих межах зміни інтенсивності), та час опромінення (або періодичність його), а також поглинута доза випромінювання. Є дані про значущість поляризації випромінювання. Очевидно, також, що сфокусоване випромінювання повинно викликати переважно місцеву дію, в той час як розсіяне випромінювання спричиняє загальну дію. [9, 10]

Метою роботи є вдосконалення способу передпосівного опромінювання насіння сільськогосподарських культур ультрависокочастотним електромагнітним випромінюванням з використанням відповідного обладнання, що містить УВЧ генератор з електромеханічною системою підстроювання частоти вихідного контуру, яка забезпечує оптимальні зміни електричних властивостей насіння, з позитивним впливом на фізіологічний стан – схожість і енергію росту рослин без пригнічення зародків, та забезпечує знищення патогенної мікрофлори.

У запропонованому способі опромінення використовується ультрависокочастотний електромагнітний генератор з електромеханічною системою автоматичного підстроювання частоти вихідного контуру у визначеному діапазоні частот (20 – 30 МГц), що забезпечує резонансну частоту 27,12 МГц, і задану тривалість прямокутних імпульсів 0,03...0,04 мкс. Вихідна потужність випромінювання складає 20 – 60 Вт.

Спосіб передпосівного опромінення насіння сільськогосподарських культур здійснюється таким чином. Підготовлена проба насіння згідно ДСТУ 4138-2002 опромінюється ультрависокочастотним пристроєм протягом 5...25 хв з забезпеченням нагріву насіння від 15 до 40°C з коефіцієнтом теплообміну Ньютона на межі середовищ від 122,1 до 160,3 Вт/°Км² при питомій теплоємності насіння в межах 6,0·10⁴ ... 5,79·10⁴ Дж/кг°К. Це призводить до змін електричних властивостей насіння та збільшення його водопоглинання з 15 до 45%. Відповідно змінюється співвідношення маси з 1,12 до 1,43 порівняно з контрольною партією.

Процес нагрівання насіння описується за допомогою диференційного рівняння теплопровідності Фур'є, яке в загальному випадку має вигляд [11]

$$\frac{\partial T_{(x,y,z,t)}}{\partial t} = \alpha \nabla^2 T_{(x,y,z,t)} + q, \quad (1)$$

де $T_{(x, y, z, t)}$ – різниця між температурою в точці координатами x, y, z в час t і температурою навколишнього середовища, К;

α – коефіцієнт температуропровідності, м²/с; $\alpha = \frac{\lambda}{c\rho}$

λ – ефективний коефіцієнт теплопровідності насипного насіння, Вт/(м · К);

c – середня питома теплопровідність насипного насіння (Дж/кг°К);

ρ – щільність шару насіння (кг/м³);

∇^2 - диференційний оператор Лапласа;

q – кількість теплоти, що виділяється в одиниці об'єму за одиницю часу, Вт/м³.

При обробці насіння УВЧ полем воно знаходиться між конденсаторними пластинами. При цьому площа бокової поверхні шару насіння набагато менша, ніж площа конденсаторних пластин. Тому теплопередачею через бокові поверхні можна знехтувати. В такому випадку функція розподілу температур у шарах насіння буде залежати тільки від однієї координати і має вигляд

$$\frac{\partial T_{(x,t)}}{\partial t} = \alpha \frac{\partial^2 T_{(x,t)}}{\partial x^2} + q, \quad (2)$$

Умови теплообміну на границях шару насіння повинні відповідати крайовим умовам Ньютона

$$\lambda \frac{\partial T}{\partial x} \Big|_{x=-l} = h(T|_{x=-l} - T_0), \quad (3)$$

$$-\lambda \frac{\partial T}{\partial x} \Big|_{x=+l} = h(T|_{x=+l} - T_0), \quad (4)$$

де h – коефіцієнт теплообміну на краях шару насіння, Вт/ (м² · К);
 T_0 – температура зовнішнього середовища, К;
 l – відстань від початку відліку до конденсаторної пластини, м.

Рішенням рівняння (2) з урахуванням крайових умов за методом кінцевих різниць є наступне рівняння

$$T_{i+1,j} = T_{i,j} + \left[\alpha \left(\frac{T_{i,j+1} - 2T_{i,j} + T_{i,j-1}}{\Delta x^2} \right) + q \right] \Delta \tau \quad (5)$$

При крайових умовах:

$$\frac{T_1}{\Delta x} = h' T_1;$$

$$\frac{T_h}{\Delta x} = -h' T_h$$

де i – змінна часу,
 j – індекс координати;
 $T_{i+1,j}$ – температура, яка відповідає координаті j при часі, що відповідає індексу $(i+1)$;

h' – приведений коефіцієнт Ньютона; $h' = \frac{h}{\lambda}$;

x – координата, м;

Δx – крок по координаті, м;

τ – час, с;

$\Delta \tau$ – крок по часу, с.

Числові значення розподілу температур в насінні можуть бути обраховані за допомогою розглянутої моделі. На рис.1 представлені результати таких розрахунків для різних потужностей. Максимальне значення температури досягається в середньому шарі насіння, причому максимальна температура пропорційна потужності P .

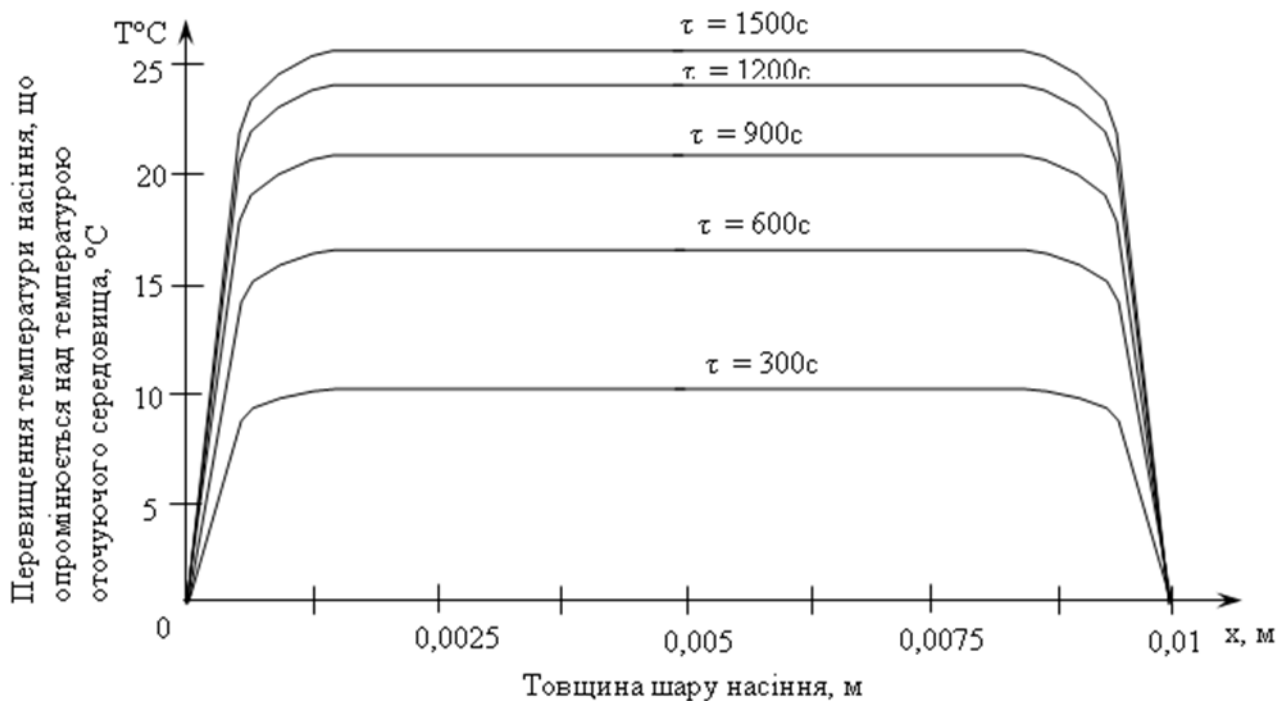


Рис. 1 Розподіл температур в шарі насіння при різному часі опромінення і вихідній потужності генератора 60Вт

Були протестовані: пшениця «Коломак – 5» третього класу; огірки «Фенікс 690»; томати «Дар Заволжья» з вологістю 10...12% при температурі зберігання і опромінення 15°C . Були відібрані середні проби по кожному виду масою 0,05 кг. Перша проба була контрольною, а інші 15 піддавались опроміненню УВЧ полем потужністю 60, 40, 30, 20 Вт і частотою 27,12 МГц з тривалістю обробки від 1 до 15 хвилин з кроком в 1 хвилину. В кювету (розміром $0,13 \times 0,09 \times 0,01$ м) насипали насіння і розміщали між пластинами (діаметром 0,12 м кожна) на відстані 0,05м. Включався випромінювач з визначеною потужністю і тривалістю часу. Після опромінення визначалась температура всередині шару насіння за допомогою термопари ТР-1 і контролюючого приладу DT838. Значення підвищення температури насіння пшениці над температурою оточуючого середовища представлено на рис.2.

Потім відбирались по 200 насінин шляхом випадкової вибірки, розділяли по 100 штук і клали їх в чашки Петрі на фільтрований папір і зволожувались. Чашки з насінням розміщувались в термостат для пророщування при $+24 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$. Через добу виймалися і визначались електричні характеристики насіння. Встановлено, що співвідношення маси насіння до і після опромінення через добу складає 1,27, водопоглинання збільшилось до 35% від початкової маси. Через три доби кількість пророщеного насіння складала 89% з середньою довжиною ростка 10,3мм, що підтверджує позитивний вплив УВЧ опромінення.

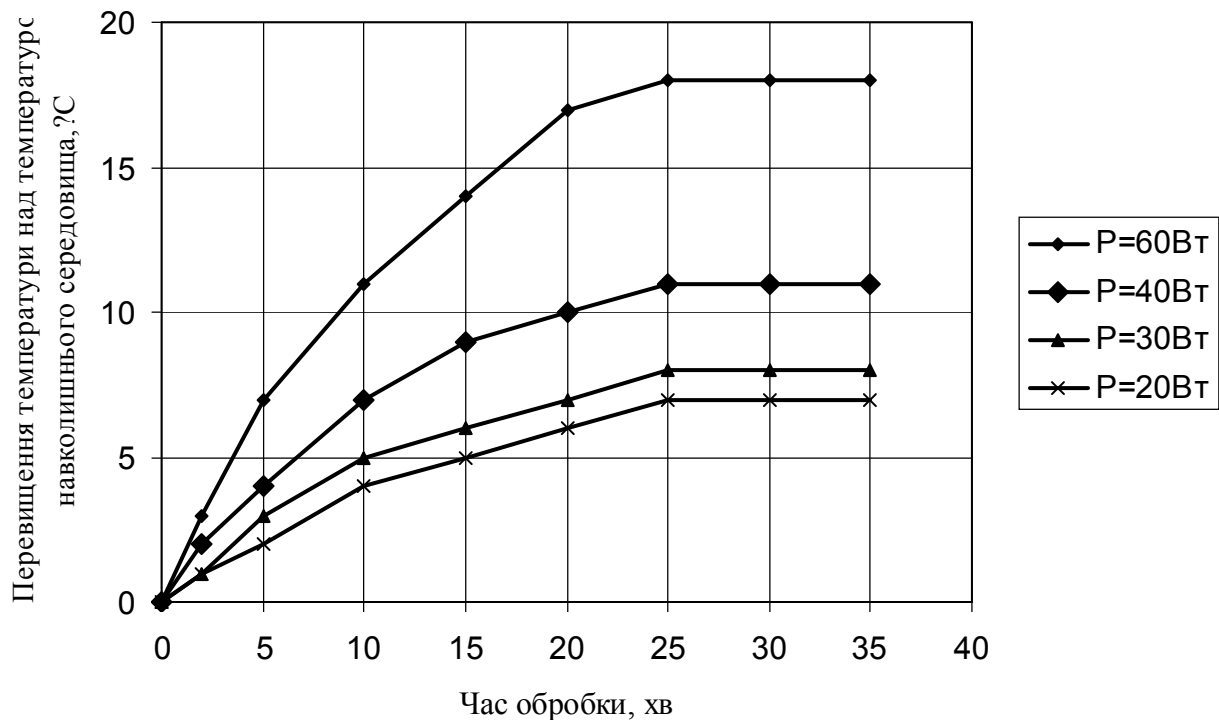


Рис. 2 Експериментальні результати зміни температури насіння пшениці з часом під час обробки полем УВЧ різної потужності.

Встановлено, що для кожного виду рослин існує відповідна оптимальна тривалість обробки. Залежність між тривалістю опромінення і схожістю насіння наведено в таблиці 1. Найбільша схожість відповідає температурі нагрівання насіння 26-28°C.

Також показано, що різні види насіння нагріваються по різному. Швидкість нагрівання пов'язана з діелектричною проникністю насіння і наявністю в ньому води. Знайдено оптимальні тривалості опромінення для насіння різних рослин. Так для пшениці оптимум складає 5 хвилин, для огірків – 2 хвилини, для томатів 12 хвилин.

Далі встановлювались електричні властивості насіння. Для визначення електричного опору окремих зерен насіння пшениці використовувався міст, побудований на базі генератора ГЗ-56/1, „нуль-приладу”, магазину опорів і еталонної ємності (змінний конденсатор). Діапазон частот, на яких проводилися вимірювання був в межах від 2000 до 200000 Гц. Частота вимірювання контролювалася частотоміром РЧЗ-07-0001. В якості „нуль-приладу” використовувався осцилограф ОДШ-2 з фазоінвертором. Опір вимірювався після одної доби пророщування на вологому папері. Для вимірювання опору відбиралось неопромінене насіння і насіння опромінене в оптимальних режимах.

Експеримент виявив зміну активного опору з 0,739 до 1,909 кОм і ємності з 38,17 до 43,34нФ при послідовному з'єднанні, та з 0,418 до 0,680нФ при паралельному з'єднанні зі зменшенням комплексного опору опроміненого насіння в межах 2,33...1,98 кОм та 1,04...0,74 кОм в залежності від частоти вимірювання відповідно з 2 до 200 кГц. Це призвело до підвищення коефіцієнта поляризації клітинних мембран з 2,24 до 2,68 і позитивного впливу на

фізіологічний стан: покращило схожість, енергію росту рослин без пригнічення зародків, призвело до знищення патогенної мікрофлори, яка інтоксидує зародки в час проростання.

Таблиця 1 Схожість та час обробки насіння різних рослин.

Тривалість опромінення, хв	Схожість насіння різних рослин, %		
	Пшениця «Коломак – 5»	Томати «Дар Заволж'я»	Огірки «Фенікс 690»
Контрольна партія	72	72	76
1	76	74	89
2	83	75	98
3	85	76	95
4	90	78	92
5	95	79	90
6	93	78	88
7	92	77	85
8	91	75	83
9	89	81	83
10	88	88	82
11	87	90	81
12	85	93	80
13	84	91	79
14	83	86	78
15	82	82	78

Фізико-хімічні і фізіолого-біологічні зміни систем крохмального зерна та його водневої оболонки пояснюють процеси, що проходять в цих дослідах при визначених оптимальних температурах. При конвективному нагріву енергія та тепло передаються від оболонки насіння до його середини. При опроміненні мікрохвильова енергія трансформується в теплову спершу у тонких шарах водних оболонок крохмалю та інших структур насіння, що пояснюються різними діелектричними проникностями води і крохмалю відповідно 80 і 8.

Початкове оптимальне підвищення температури вологи призводить до розриву водневих зв'язків та виникнення гідратації крохмалю з утворенням кінцевих біохімічних складових глюкози і фруктози та до інших ферментативних перетворень, що подальше впливають на стимуляцію і інтенсифікацію проростання. Відомо, що висока температура маси насіння призводить до коагуляції білків та іншим видам руйнування живого організму. Польові дослідження порівняльної оцінки урожаю передпосівного опромінення насіння УВЧ у визначених оптимальних режимах показали істотне перевищення – прибавку урожаю, що складає 8,3...23,6% над контрольними показниками.

Таким чином, можна зробити висновок, що спосіб дозволяє проводити опромінення насіння УВЧ полем в визначених режимах, які стимулюють проростання насіння, що підвищує їх посівні якості та врожайні властивості. Технічні засоби для реалізації наведеного способу відрізняються від раніше використовуваних простотою конструкції і експлуатації. Також визначені оптимальні режими для опромінення насіння різних видів

сіськогосподарських рослин. Оптимум знаходиться в межах 2 – 12хв. Показаний зв'язок між параметрами опромінення (тривалість, потужність, температура), та фізико-хімічними і фізіолого-біологічними якостями насіння (активний опір, емність, поляризація мембран, схожість насіння, енергія росту). В цілому спосіб може бути використаний для інтенсифікації виробничих процесів в рослинництві.

Список використаних джерел

1. Интенсификация тепловых процессов подготовки семян к посеву энергией ВЧ и СВЧ (рекомендации). – М.: Агропромиздат, 1989. – 40с.
2. Бородин И.Ф., Шарков Г.А., Горин А.Д. Применениэ СВЧ энергии в сельском хозяйстве. М.: ВНИИТЭИагропром, 1987. – 55с.
3. Черепнев А.С., Журенко Е.В. Методологические аспекты предпосевной подготовки сельскохозяйственных культур, включающей их обработку электромагнитным полем. // Вісник ХДТУСГ. – Харків, 2000. – С.211-214.
4. Волков С.І., Воропін П.І., Воропін О.П. Передпосівна обробка насіння полями УВЧ. // Вісник ПДСІ. – 1999. - №3. – С.20-21.
5. Волков С.І., Воропін П.І., Заворотний Л.Є. Активізація насіння перед посівом. // Перспективи розвитку механізації, автоматизації и технического сервиса сельскохозяйственного производства. – Полтава, 1997. – С.49.
6. Мараквелидзе М.А. Результаты производственных испытаний предпосевной обработки семян в поле коронного разряда / М.А. Мараквелидзе, М.И. Гольдбаум, З.Р. Одикадзе. // Сб. науч. тр. ЧИМЭСХ. – Челябинск: ЧИМЭСХ., 1977. - №121. – С.104-106.
7. Черенков А.Д. Применение информационных электромагнитных полей в технологических процессах сельского хозяйства / А.Д. Черенков, Н.Г. Косуліна //Світлотехніка та електроенергетика. Міжнародний науково-технічний журнал. – Харків: ХНАМГ., 2005. - №5. – С.77-80.
8. Илларионов В.Е. Основы лазерной терапии. – М.: РЕСПЕКТ, 1992. – 122с.
9. Терещенко А.И. Радиоэлектроника и экология. – М.: Знание, 1989. – 64с.
10. Девятков Н.Д., Голанд М.Б., Бецкий О.В. Миллиметровые волны и их роль в процессах жизнедеятельности. – М.: Радио и связь, 1991. – 168с.
11. Яворский Б.М., Детлаф А.А. Справочник по физике. – М.: Наука, 1968. – 939с.

Аннотация

СПОСОБ ПРЕДПОСЕВНОГО ОБЛУЧЕНИЯ СЕМЯН СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР УЛЬТРАВЫСОКОЧАСТОТНЫМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ ПОЛЕМ

Петровский Александр Николаевич

На основе современных представлений о предпосевной обработке семян сельскохозяйственных культур электромагнитными полями разных диапазонов

предложен новый способ облучения. Определена последовательность операций и обоснована потребность в технических средствах для реализации соответствующей технологии. Найден оптимальные режимы влияния УВЧ облучения. Показано тепловое и электромагнитное влияние поля на семена. На базе теоретических расчетов и экспериментальных исследований доказан позитивный результат от реализации разработанного способа.

Abstract

METHOD OF IRRADIATION PRESOWING seed crops Ultra high ELECTROMAGNETIC FIELD

Petrovsky A.

A new method of irradiation is on the basis of modern concepts of pre-treatment of crop seeds with electromagnetic fields of different ranges. The sequence of operations justified the need for facilities to implement appropriate technology. The optimal regimes influence UHF irradiation. The thermal and electromagnetic field effect on the seeds displayed. A positive result proved from the implementation of the developed method on the basis of theoretical calculations and experimental studies.

УДК 631.356

РЕЗУЛЬТАТИ ЛАБОРАТОРНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ РОБОТИ ТОРСІОННО–УДАРНОГО РОЗПУШУВАЧА ҐРУНТУ

Л.Ф.Бабицький, професор, доктор технічних наук,

В.В. Падалка, к.т.н., С.В.Ляшенко, інженер

Полтавська державна аграрна академія

Розглянуті результати лабораторних досліджень торсіонно – ударного розпушувача ґрунту, що має кращі енергетичні показники та покращує агрофізичні властивості посівного горизонту. Наведено аналіз результатів лабораторних досліджень.

Постановка проблеми. Селекціонери-новатори та провідні фахівці в галузі вирощування сільськогосподарської продукції стурбовані зниженню оцінки агрохімічного та агрофізичного стану ґрунтів в Україні, незалежно від їх типів та розташування. Надмірне внесення концентрованих мінеральних добрив, одноманітність поверхневого обробітку та штучне зволоження ланів створює умови для підвищення засоленості родючого шару. Більшість районуваних культур втрачають врожайність, а ґрунти перетворюються на непридатні до ведення рослинництва. Одним із напрямків покращення агрофізичного стану ґрунту є його періодичне глибоке розпушування. Такий обробіток покращує гідро та повітропроникність, приводить до вимивання

надлишку солей та відновлюється природна кислотність поверхневого посівного шару.

Відомі смугові розпушувачі [1], що дозволяють обробляти ґрунт на глибині до 60 см, позитивно впливають на його агрофізичні властивості. Зменшується твердість, покращується структурність посівного горизонту ґрунту. Головним позитивом роботи таких машин є підривання ущільненого прошарку, що утворюється в результаті багаторазового поверхневого обробки ґрунту. Головним недоліком машин, які працюють на великій глибині, є значні енергетичні витрати на виконання ними технологічного процесу. Сучасні агрегати мають енергоємність приводу до 80 к.с./м. Як показав практичний досвід, покращити енергетичні показники роботи цих машин, можливо за рахунок їх активної дії на ґрунт.

Аналіз останніх досліджень та публікацій: до переліку сучасних досягнень науки та техніки, які повинні використовуватись в сільськогосподарському виробництві, відносяться різноманітні вібраційні та імпульсні методи інтенсифікації виробничого процесу. Вібраційні машини, як правило, не тільки економічні, але дозволяють виконати такі операції на які не здатні інші. Зацікавленість в розробці таких робочих органів викликана насамперед тим, що конструкція з реактивним або пружним коливанням чи віброуючими робочими органами значно дешевше та економічно доцільніше, порівняно з активним приводом, що мають більшу трудомісткість та підвищені витрати при виготовленні та під час експлуатації.

Робочі органи ґрунтообробних машин [2], як і люба конструкція під час роботи приймає участь в різноманітних коливальних процесах, які провідні фахівці поділяють на чотири основні групи:

1. Коливання, що викликані за допомогою рушія (енергетичного засобу, або від сил взаємодії привідних механізмів з поверхнею ґрунту);
2. Коливання, що виникають в елементах самого агрегату (коливання механізму);
3. Власні коливання робочого органу;
4. Автоколивання робочого органу під час його взаємодії з ґрунтом.

Таким чином, необхідно враховувати те, що коливання робочих органів під час роботи – об'єктивна реальність.

Конструкції ґрунтообробних знарядь містять пружні елементи, та на робочих органах обов'язково виникають коливання під впливом зовнішніх збурюючих сил. Основними джерелами таких сил є:

1. Мікронеоднорідність ґрунту (наявність ущільнення, рослинних залишків та коренів);
2. Коливання глибини заглиблення робочого органу;
3. Коливання швидкості руху агрегату.

Жорстко фіксовані стояки робочих органів не мають змогу очищуватися від накопиченого ґрунту та рослинних решток. Відсутність активної дії на ґрунтове середовище приводить до значних енергетичних витрат на їх привід.

Проведений аналіз результатів досліджень конструкцій глибоко-обробних розпушувачів та їх взаємодія з ґрунтом під час виконання технологічного

процесу встановив, що найбільш прийнятним для подальшого дослідження є робочий ґрунтообробний орган з можливістю обмеженого коливання стояка відносно горизонтальної осі, що має жорсткі удари при досягненні ним крайніх положень. Зменшення тягового опору, покращення якості обробки ґрунту, дотримання агротехнічних вимог по глибині обробки можна досягти використавши робочий орган з шарнірно закріпленим стояком, який має змогу відхилитися від робочого положення на кут $\pm 10^0$. Пружні коливання відбуваються виключно під впливом на робочий орган нерівномірності фізичних властивостей ґрунту та розташування бур'янів.

Зниження енерговитрат та підвищення якісних показників роботи глибокорозпушувачів шляхом розробки конструкції та обґрунтування оптимальних параметрів робочих органів з можливістю обмеженого пружного їх повертання у вертикальній площині.

Мета та завдання досліджень. Обґрунтувати та розробити конструкцію активного ґрунторозпушувача, що має менші енергетичні витрати на виконання технологічного процесу та створює кращі агрофізичні властивості посівного шару.

Основна частина. Для досягнення поставленої мети підвищення ефективності технологічного процесу розпушування ґрунту запропоновано технологічну схему обробки ґрунту парою коливально – ударних чизельних робочих органів з використанням торсіону в якості пружного елемента. На рис.1. зображено схему запропонованого робочого органу торсіонно – ударного розпушувача ґрунту, який складається з рами 1 на якій розміщені під кутом правий 2 та лівий 3 взаємозамінні ножі, які у верхній та нижній своїй частині мають долотоподібні розпушувачі 4 [3].

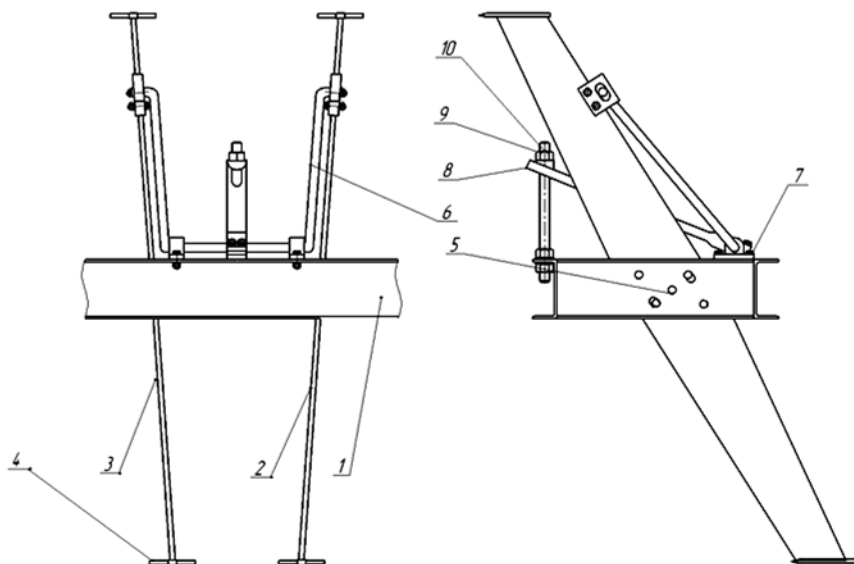


Рис. 1. Схема запропонованого робочого органу торсіонно – ударного розпушувача ґрунту. 1 – рама; 2 – правий ніж; 3 – лівий ніж; 4 – долотоподібний розпушувач; 5 – обмежувачі коливального руху; 6 – торсіон; 7 – тримач торсіону; 8 – важіль; 9 – гайка; 10 – гвинт.

Робочі органи мають можливість обмеженого коливання ножів відносно горизонтальної осі 5. Пружним елементом коливальної системи є торсіон 6,

закріпленій на рамі за допомогою тримачів 7. Жорсткість торсіону регулюється важелем 8 (жорстко закріпленій на середній частині торсіонного валу) загвинчуючи гайку 9 на гвинту 10. До конструктивно – технологічної схеми введено кінематичні пари четвертого класу, що утворюються під час зіткнення відповідних ланок. При цьому в залежності від деформаційних властивостей ґрунту змінюється ступінь рухливості ножів. В процесі руху у ґрунті лівий та правий ножі здатні коливатися вздовж своєї повздовжньої осі. Зі збільшенням опору ґрунту інтенсивність коливань зростає. Таким чином, здійснюється самоналагоджування ножів торсіонно – ударного розпушувача на необхідний режим роботи в залежності від опору ґрунту. Наявність у запропонованій конструктивно – технологічній схемі торсіонно – ударного робочого органу двох динамічно зв'язаних рухливих мас дозволяє підвищити ефективність ударного кришення ґрунту. У фазі стиску ґрунту чизельний ніж відхиляється убік, протилежний напрямку руху знаряддя, стискаючи пружний елемент підвіски (торсіон), що накопичує потенційну енергію. Наприкінці фази стиску відбувається удар ножа по жорстко закріпленій на рамі кульці, що сприяє утворенню в ґрунті площин сколювання перед робочим органом. Хвиля напружень, що поширюється від лівого та правого ножів, відбивається від границь вирізаного блоку ґрунту усередину нього. При накладанні відбитих хвиль виникають напруження, які перевищують межу міцності ґрунту, що викликає інтенсивне утворення тріщин. Розсіювання енергії за межі оброблюваної зони ґрунту при цьому не відбувається. Тому наступний вплив на сколений блок ґрунту ножів викликає посилене його кришення.

Таким чином, запропонована технологічна схема забезпечує підвищення ступеня розпушення ґрунту та зниження його питомого опору при обробітку.

Визначення та порівняння якісних та енергетичних показників роботи торсіонно – ударного розпушувача ґрунту при жорстко закріплених ножах та при обмежено – коливальному їх рухові проведено вимірювання тягового опору за допомогою тягового динамометра ТД-3 відповідно до відомої методики. Побудований план та розроблена методика лабораторних експериментальних досліджень.

Лабораторні дослідження проводилися на установці по моделюванню руху робочих органів ґрунтообробних машин рис. 2 [4].

Лабораторна установка працює наступним чином: ніж 5 торсіонно – ударного розпушувача кріпиться до рухомої рамки за допомогою вісі, рухома рамка 4 монтується в утримувачах 3, що жорстко закріплені на рамі установки. Лоток з ґрунтом 1 обертається навколо вісі, зусилля передається на ніж 5, який врівноважується дією торсіона 6, і рухома рамка 4, під дією сили переміщується в напрямку руху лотка і приводить в дію тягову ланку 2 тягового динамографа ТД-3. Величина деформації пружини записується на електронний носій ПК.

ґрунтові умови проведення лабораторних досліджень характеризувалися наступними показниками: вологість – 17,11 %, твердість – 0,58 МПа, деформаційний показник ґрунту – $5,53 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2/\text{Н}$, щільність – $0,47 \text{ г/см}^3$, та глибині обробітку 0,2 м, швидкості руху 0,9 м/с.

Аналіз результатів лабораторних досліджень показав, що тяговий опір робочого органу збільшується у відповідності із збільшенням глибини

обробітку. Торсіонно – ударний робочий орган, що має можливість обмеженого (в крайніх точках з ударом) повертання у вертикальній площині, що зменшує тяговий опір на глибині 10 см – 12,3%, 20 см – 17,98%, 30 см – 16,23% при інших однакових умовах. Було також встановлено, що в цьому випадку коливання ножа мають найбільшу частоту, в середньому 2,3 Гц, що свідчить про інтенсивну взаємодію робочого органу з ґрунтом. Порівнюючи отримані результати тягового опору робочих органів, можливо зазначити, що їх відхилення знаходяться в межах похибки експерименту. Поясненням незначних відхилень є те, що в умовах лабораторної установки типу ґрунтового каналу, змодельовати нерівномірність опору ґрунту за рахунок різної щільності та хаотичного розташування рослин неможливо.



Рис. 2. Установка по моделюванню руху робочих органів ґрунтообробних машин.

1 – лоток з ґрунтом; 2 – тягова ланка динамографа ТД-3; 3 – направляючі робочого органу; 4 – рухома рамка; 5 – ніж торсіонно – ударного розпушувача ґрунту; 6 – торсіон; 7 – самописець тягового динамографа ТД-3; 8 – гнучкий маслопровід.

Графік зміни середнього тягового опору існуючого та запропонованого робочих органів в залежності від глибини обробітку наведений на рис. 3.

З графіка 3 видно, що найменше значення тягового опору торсіонно – ударного робочого органу відповідає оптимальній глибині ходу робочого органу на рівні 20 см, що узгоджується з агротехнічними вимогами до розпушувачів (5...22 см).

Отримані значення дають можливість стверджувати, що торсіонно – ударний робочий орган працюватиме в умовах ґрунтового каналу з найменшим тяговим опором ґрунту при умовах: глибина ходу – 0,2 м, швидкість руху – 0,9 м/с.

Провівши дослідження пошуку значень оптимальних параметрів (жорсткість торсіону, величина переміщення долота ножа) та їх впливу на тяговий опір торсіонно – ударного робочого органу отримали наступні результати. Опрацювавши експериментальні дані, було отримано рівняння

регресії в кодованій формі.

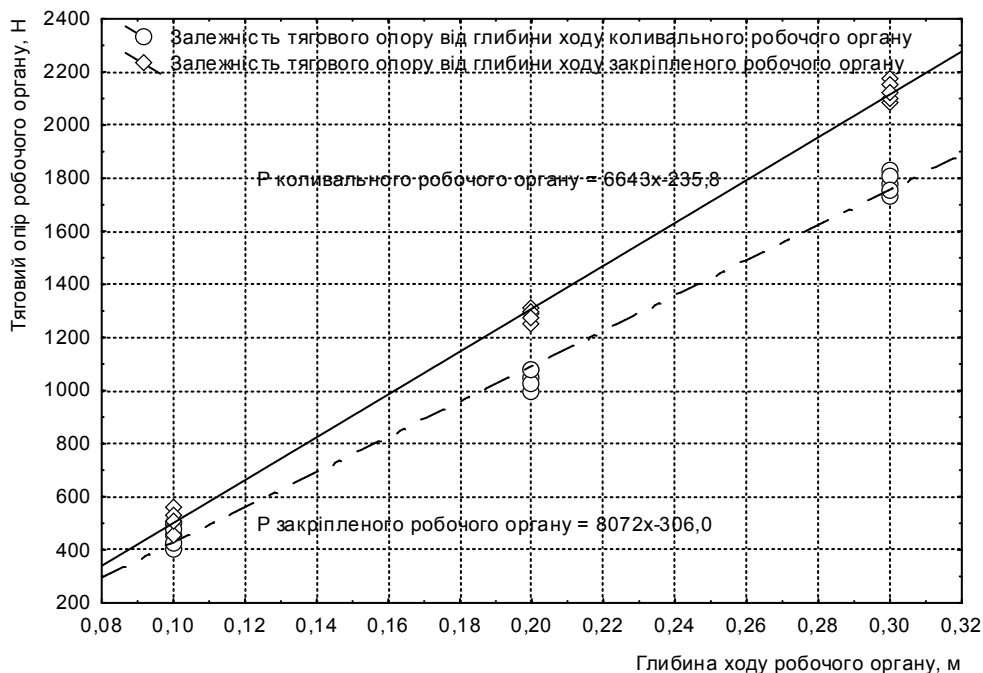


Рис. 3. Графік залежності тягового опору існуючого та запропонованого робочих органів
 Для середнього тягового опору:

$$P = 1034,4444 - 85 \cdot x + 3,3333 \cdot y + 68,3333 \cdot x^2 - 42,5 \cdot x \cdot y + 173,3333 \cdot y^2,$$

де x - параметр жорсткості торсіону торсіонно – ударного робочого органу в кодованій формі;

y - параметр відстані переміщення носка долота ножа торсіонно – ударного робочого органу у ґрунті в кодованій формі

Отримані рівняння досліджувались за допомогою програмного пакету Statistika. Поверхню відгуку та графік ліній однакових значень наведено на рис. 4, 5.

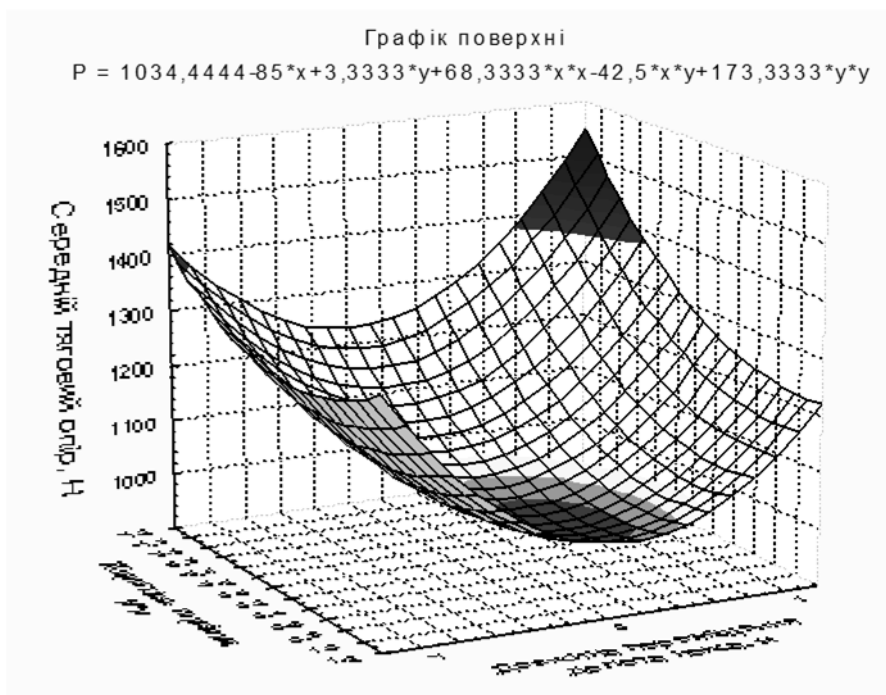


Рис. 4. Поверхні рівняння регресії середнього тягового опору

З рис 4 та 5 видно, що при $L=0,023$ м., і $c = 3,6 \cdot 10^4$ Н/м, тяговий опір становитиме 950 Н, що є оптимальним значенням. Якість обробки ґрунту торсіонно – ударним розпушувачем при оптимальних значеннях, оцінювали за вмістом агрегатів 0,25 – 10 мм., у відсотках до маси наважки ґрунту рис. 6.

Аналізуючи якість обробки торсіонно – ударним робочий орган в порівнянні з прототипом (жорстко закріпленим), відмічаємо, що вміст агрегатів 0,25 – 10 мм., у відсотках до маси наважки збільшується на глибині 0...0,01 м – 26,9 %, 10...20 см – 15,2 %, 20...30 см – 2,6 %.

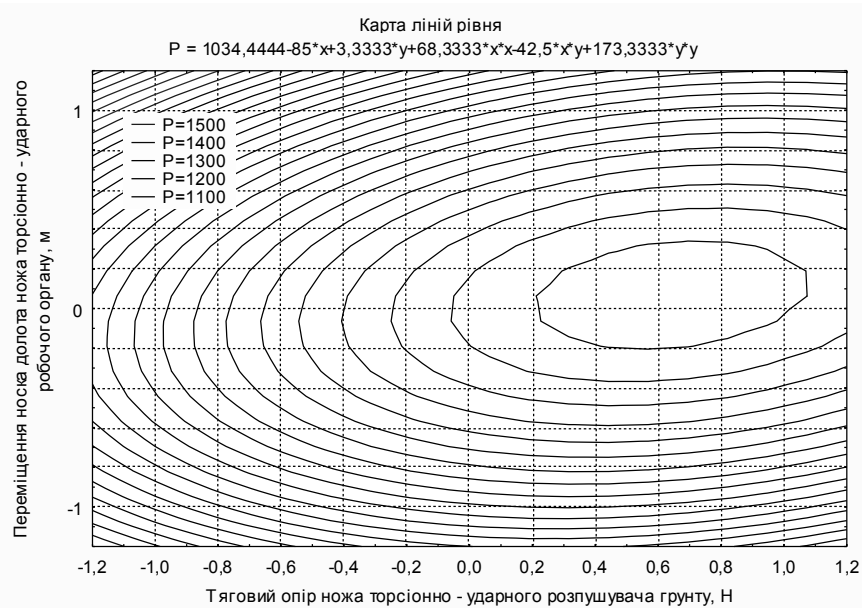


Рис. 5. Карта ліній рівня регресії середнього тягового опору

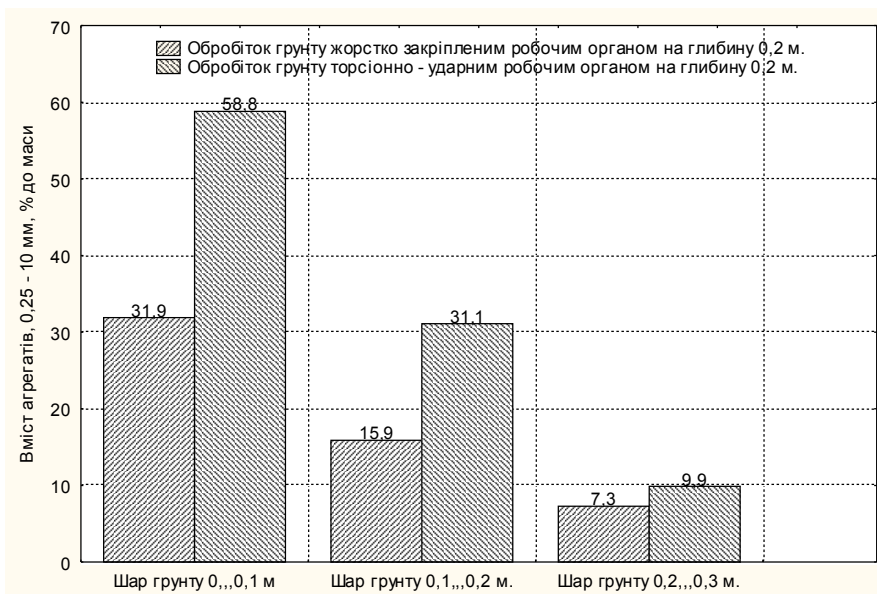


Рис. 6. Гістограма структурності ґрунту за вмістом агрегатів 0,25 – 10 мм.

Висновок:

Із результатів аналізу проведених лабораторних досліджень видно, що

при використанні торсіонно – ударного робочого органу при смуговому розпушуванні ґрунту опір ґрунту в порівнянні з жорстко фіксованими ножами зменшується на 18 %. Аналіз швидкісної кінозйомки показав, що коливальний рух з обмеженою амплітудою віброударного деформатора (ножа) супроводжується ударною дією на ґрунт. Аналізуючи якісні показники обробітку ґрунту слід відмітити, що ступінь кришіння ґрунту збільшується в 1,7 рази в порівнянні з прототипом. Брилуватість зменшується на 15 %, а вміст ерозійно – небезпечних часток ґрунту у шарі 0 – 0,05 м, зменшується відповідно у 2,5 рази. Рівномірність ходу ножа торсіонно - ударного робочого органу по глибині в порівнянні з жорстко закріпленим знаходиться в межах статистичної похибки тобто 5 %.

Список використаніх джерел

1. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины: Издание 2–е. [Учебное пособие] / Г.Е.Листопад, Г.К.Демидов, Б.Д.Зонов и др.– М.:Агропромиздат, 1986. – 422 с.
2. Сахапов Р.Л. Теоретические основы колебательных рабочих органов культиваторов / Под ред. С.М.Архипова, Х.С.Гайнакова, Н.К.Мазитова / Р.Л. Сахапов / – Казань: Издательство КФЭИ, 2001. – 194с
3. Заявка №а201015320 від 20.12.2010 р. А01 В37/00 Торсіонно – ударний розпушувач ґрунту. Автори: Ляшенко С.В., Бабицький Л.Ф., Лапенко Г.О., Прасолов Є.Я., Падалка В.В.
4. Пат. Україна, А01В 39/00. Установка по моделированию руху робочих органів ґрунтообробних машин / С.В. Ляшенко (Україна). - № 34499; заявл. 28.03.08; опубл. 11.08.08, Бюл. № 15. – С. 25.

Аннотация

РЕЗУЛЬТАТЫ ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ РАБОТЫ ТОРСИОННО – УДАРНОГО РЫХЛИТЕЛЯ ПОЧВЫ

Л.Ф.Бабицкий, В.В. Падалка, С.В.Ляшенко

Аннотация: рассмотрены результаты лабораторных исследований торсионно – ударного рыхлителя почвы, который имеет лучшие энергетические показатели и улучшает агрофизические свойства посевного горизонта. Приведены результаты лабораторных исследований.

Abstract

THE RESEARCH OF LABORATORY INVESTIGATION OF WORKING TORSIONNO – UDARNYY RYKHLITEL POCHVY

L. Babickiy, V. Padalka, S. Lyashenko

Pre-conditions creation of scarifier are considered with the active operating on soil, which has the best power indexes and improves the technical properties of sowing horizon. Experimental researches are resulted.

РОТАЦІЙНІ РОБОЧІ ОРГАНИ ДЛЯ ОБРОБІТКУ МІЖРЯДЬ ПРОСАПНИХ КУЛЬТУР

Пастухов В.І., д.т.н., проф., Браженко С.А., асп.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства ім.
Петра Василенка*

Стаття присвячена дослідженню ефективності використання ротаційних робочих органів з вертикальною віссю обертання для обробітку захисних зон міжрядь просапних культур.

Постановка питання. У зв'язку із збільшенням обсягів виробництва просапних культур – соняшнику, кукурудзи, цукрових буряків та ріпаку, підвищуються вимоги до міжрядного обробітку ґрунту.

Метою обробітку міжрядь просапних культур є знищення бур'янів та підтримання верхнього шару ґрунту в рихло-грудкуватому стані протягом періоду вегетації, що забезпечує нормальний розвиток рослин і, як наслідок, високу урожайність.

Сучасний стан питання. Нині для міжрядного обробітку просапних культур найчастіше використовують культиватори-рослинопідживлювачі УСМК-5,4, КФ-5,4, КРН-4,2, які працюють із установленими захисними зонами (120...160 мм) і обробляють близько 65% площі, що ускладнює повне знищення бур'янів і потребує використання ручної праці, або відмовлятися від механічного обробітку на користь застосування гербіцидів [1].

Для забезпечення комплексного виконання операцій існуючі культиватори обладнують прополювальними, розпушувальними та спеціальними підживлювальними лапами, підгортачами, лапами-відвальниками, голчастими дисками. При виборі робочого органу враховуються технологічні особливості обробітку ґрунту в зоні рядка. Робочі органи поділяються на пасивні, вібраційні, дискові, ротаційні з пасивним та активним приводом.

Забезпечення вимог якості, ефективності та екологічної безпеки виробництва сільськогосподарської продукції вимагає від аграрних інженерів вдосконалення існуючих, розробки і впровадження нових засобів для обробітку міжрядь. Перспективними в цьому напрямку є дослідження застосування ротаційних робочих органів для обробітку захисних зон рядків просапних культур.

Мета досліджень. Визначити доцільність застосування ротаційних робочих органів в захисній зоні рядків просапних культур шляхом аналізу результатів досліджень, виробничого досвіду та патентної інформації.

Виклад основного матеріалу. Аналіз науково-технічних джерел та виробничого досвіду дозволив виділити наступні якісні показники міжрядного обробітку ґрунту: фактична захисна зона; ступінь пошкодження культурних

рослин; якість знищення бур'янів; ступінь приживання бур'янів; ступінь кришення ґрунту (його фракційний склад); профіль отриманої поверхні поля; вологість ґрунту після обробітку.

Встановлено, що застосування пасивних робочих органів на ґрунтах типу «важкий суглинок», є малоефективним, через їх високу щільність. При такій обробці виникає зсув крупних частинок ґрунту (діаметром 25...40 мм) та закидання молодих рослин, і як наслідок, ефективність знищення бур'янів, не забезпечення оптимального фракційного складу та мінімальної поверхні випаровування вологи. Крім того, такий обробіток не дозволяє зменшити захисну зону рослин, що суттєво зменшує ступінь механізації технологічної операції.

Так, наприклад, відповідно до агротехнічних вимог ширина міжрядь посівів кукурудзи становить 700 мм, а захисна зона рядка при застосуванні універсальних підрізаючих лап, або лап бритв – 120...150 мм [2]. Ступінь механізації повздовжньої міжрядної обробки розраховується за формулою:

$$A = \frac{M_1 - 2C}{M_1} \cdot 100\%,$$

де: M_1 – ширина міжряддя, мм;

C – ширина захисної зони рослин, мм.

Для технології з використанням пасивних робочих органів, ступінь механізації складає 57...60%. При застосуванні ротаційних робочих органів ширина міжрядь зменшується до 63...76 мм, а ступінь відповідно складає 78...83%.

За умови врахування біологічних особливостей розвитку рослин, подальше обґрунтування зменшення захисної зони є доцільним та реальним. Для кукурудзи захисну зону можна зменшити до 50 мм, в період викидання 4-6 листочків, коли вузлове коріння розвивається паралельно поверхні поля на відстані 35...50 мм від рослини і залягає на глибині 40...55мм.

Використання ротаційних робочих органів дозволить підвищити ступінь механізації, за рахунок зменшення фактичної ширини захисної зони.

Сьогодні поширеними для міжрядного обробітку є ротаційні робочі органи з горизонтальною віссю обертання з приводом від валу відбору потужності трактора або самопривідні – від зачеплення з ґрунтом. (голчасті диски, фрези, Г-подібні робочі органи, які встановлюються на серійні культиватори).

Їх застосування дозволяє зменшити захисну зону, достатньо якісно видаляти бур'яни та рихлити ґрунт. Однак, характер обертання у вертикальній площині призводить до викидання фракцій ґрунту на велику відстань. Для запобігання закидання культурних рослин ґрунтом встановлюють захисні кожухи над робочими органами, але структура ґрунту руйнується, його фракційний склад стає незадовільним (вміст агрегатів діаметром менше 0,25 мм складає до 16%), а по сліду робочого органу утворюється борозна глибиною 35...40 мм, що призводить до втрати вологи. Робоча зона таких знарядь

становить не більше 50...70 мм, що не забезпечує перекриття з робочою зоною пасивних робочих органів і ефективно вичісування підрізаних бур'янів на поверхню ґрунту.

Таким чином, рядом досліджень підтверджена ефективність застосування ротаційних робочих органів при обробітку міжрядь просапних культур. Але виділяється низка невирішених завдань, а саме:

- ефективного видалення бур'янів із захисної зони рослин і виключення їх повторного приживання;
- забезпечення оптимального фракційного складу ґрунту та рівного профілю поверхні;
- забезпечення перекриття робочих зон обробітку пасивних та ротаційних робочих органів для ефективного вичісування підрізаних бур'янів і виключення утворення підплужної підшви по сліду культиваторної лапи або лапи-бритви.

Перспективним напрямком у вирішенні цих завдань є використання ротаційних робочих органів із вертикальною віссю обертання.

Відома технологія, відповідно до якої роторний прополювач, (диск із похилою у вертикальній площині віссю обертання і встановленими по діаметру зубовими щітками), встановлюється на гряділі культиватора КРН-4,2 один [2]. Це дозволяє збільшити робочу зону обробітку, але конструктивні особливості органу, не дозволяють одночасне обробляння обох рядків у міжрядді, і як недолік, захисна зона кожного другого рядка залишається не обробленою. Крім того, робочий орган утворює в захисній зоні борозну, глибиною до 45 мм, а в міжрядді гребінь і загортає бур'яни підрізані лапами-бритвами, сприяючи їх повторному приживанню і збільшує нерівність обробленої поверхні.

Подальші дослідження по вдосконаленню ротаційних робочих органів з вертикальною віссю обертання активно велись у колишньому Радянському Союзі та Росії, що витікає із аналізу патентної інформації. Відповідно до ДСТУ3575-97, проведено тематичний пошук за класом міжнародної патентної класифікації А01 В39/00, який виявив ряд технічних рішень спрямованих на вирішення проблем, що виникають при обробітку міжрядь просапних культур.

Всесоюзним науково-дослідним інститутом агросільмеліорації запропонований ротаційний робочий орган у вигляді крильчатки, з похилою віссю обертання, на секціях якої встановлюються зуби змінної довжини із зменшенням в бік рослин, для зниження пошкодження кореневої системи [3]. Близькою за технічною суттю є розробка Українського науково-дослідного інституту картопляного господарства, яка включає крильчатку у формі ділянок спіралі Архімеда, на яких встановлені ґрунторозпушувальні зуби. Цей робочий орган обертається в повздовжньо-вертикальній площині, із можливістю регулювання кута нахилу до вертикалі [4].

Відомі розробки Казанської державної сільськогосподарської академії, відповідно до яких диск з похилою віссю обертання містить ґрунторозпушувальні зуби, розташовані на поверхні, що виконана у формі сегменту сфери, і утворюють кут із площиною диску 10...15°, а сам робочий

орган має змогу змінювати кут нахилу відносно вертикалі у межах 4...6° [5].

Наведені технічні рішення робочих органів ефективні при руйнуванні ґрунтової кірки та рихленні ґрунту, вони дозволяють вирішувати такі технологічні проблеми, як самоочищення робочих органів та зменшення закидання культурних рослин ґрунтом. Але, вони не забезпечують ефективне підрізання бур'янів у захисній зоні рослин.

В Челябінському інституті механізації і електрифікації сільського господарства, створена пропозиція поєднати підрізаючі та рихлячі властивості проплювальних робочих органів, шляхом введення до відомої конструкції ножів Г-подібної форми, різальний елемент, яких направлений до центру диску.

Однак, для відомих робочих органів із вертикальною віссю обертання характерні незадовільні технологічні характеристики, а саме незабезпечення стійкості руху та сталої кутової швидкості робочих органів, неякісний обробіток при наявності нерівності рельєфу, високий тяговий опір.

Вирішенням таких завдань займалися у Франції, Італії, США, ще у другій половині ХХ століття. Там була доведена ефективність застосування знарядь для міжрядної обробки з активними робочими органами, навіть при вищій загальній вартості такої машини технологія визнавалась економічно доцільною, за рахунок високої якості обробітку та підвищення врожайності.

Аналіз науково-технічної та патентної інформації, дозволив встановити ряд конструктивних та технологічних параметрів, які впливають на якість міжрядної обробки захисних зон рослин ротаційним робочими органами з вертикальною віссю обертання [6,7]: діаметр робочого органу; форма та довжина робочих елементів, їх кількість та розташування; кут нахилу робочого органу до вертикалі; кутова швидкість робочого органу; лінійна швидкість агрегату.

Висновок. Відповідно до проведеного аналізу науково-технічних та патентних джерел, встановлено, що перспективним напрямком досліджень механізованого обробітку міжрядь просапних культур є визначення та обґрунтування конструктивних та технологічних параметрів ротаційних робочих органів з вертикальною віссю обертання.

Список використаних джерел

1. Войтюк Д.Г., Гаврилюк Г.Р. Сільськогосподарські машини: Підручник. – К.: Каравела, 2004. – 552 с.
2. Канівец И.Д., Лойко А.М., Ляпунов Н.А., Столяренко Н.М. Механизация ухода за пропашными культурами. – К.: Урожай, 1977.—88 с.
3. А.с.379225 СССР, МПК А01 В35/18; А01 В 39/16. Ротационный рабочий орган культиватора-рыхлителя / А.Ф. Семин, Ю.М. Жданов, В.А., Ходоревский, В.Л. Аравийский, И.П. Матвеев и В.Н. Хоршавин. Заявитель: Всесоюзный научно-исследовательский институт агросельмелиорации (СССР). – №1139006/30-15); заявл. 3.03.1967; опубл. 20.04.1973, Бюл. №12.
4. А.с.1329638 СССР, МПК А01 В35/18;. Ротационный рабочий орган

- культиватора / Н.Я. Москов, В.В. Кононученко. Заявитель: Украинский научно-исследовательский институт картофельного хозяйства (СССР). – №4032492/30-15; заявл. 3.03.1986; опубл. 15.08.87, Бюл. №30.
5. Пат. 2316161 Российская федерация, МПК А 01 В35/16; А 01 В 39/08. Ротационный рабочий орган культиватора / Р.К. Абдрахманов, П.И. Макаров, А.Р. Валиев, К.И. Попов; заявитель и патентообладатель Казанская государственная сельскохозяйственная академия; – № 2005138184/12; заявл. 08.12.2005; опубл. 10.02.2008, Бюл. № 4.
6. Пат. 90183 Украина, МПК А 01 В33/00; А 01 В 39/00. Комбинированный культиватор «ОПС-1» / Слинько О.П., Білецький В.Р., Дубровін В.О., Кіндер М.В., Кухарець С.М., Лапенко Г.О., Мороз А.І., Прасолов Є.Я., Флегантов Л.О., Ярошенко П.П., Браженко С.А.; заявитель и патентообладатель Слинько О.П.; – № а200806876; заявл. 19.05.2008; опубл. 12.04.2010, Бюл. № 7.
7. Пат. 90555 Украина, МПК А 01 В33/00; А 01 В 39/00. Комбинированный культиватор / Слинько О.П., Лапенко Г.О., Прасолов Є.Я., Панченко С.М., Дорошенко С.В., Черниш М.М., Браженко С.А., Сівцов О.В., Нестреляй В.А.; заявитель и патентообладатель Слинько О.П.; – № а200806869; заявл. 19.05.2008; опубл. 11.05.2010, Бюл. № 9.

Аннотация

РОТАЦИОННЫЕ РАБОЧИЕ ОРГАНЫ ДЛЯ ОБРАБОТКИ МЕЖДУРЯДИЙ ПРОПАШНЫХ КУЛЬТУР

Пастухов В.И., Браженко С.А.

Статья посвящена исследованию эффективности применения ротационных рабочих органов с вертикальной осью вращения для обработки защитных зон междурядий пропашных культур.

Abstract

ROTARY WORKINGS ORGANS FOR TREATMENT OF SPACES BETWEEN ROWS OF THE CULTIVATED CULTURES

V. Pastukhov, S. Brazhenko

Article is devoted research of efficiency of application of rotational working bodies with a vertical axis of rotation for processing of protective zones of row-spacings.

ОБҐРУНУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ СУШАРКИ НА ОСНОВІ МОДЕЛІ ПЕРЕМІЩЕННЯ МАТЕРІАЛУ СПІРАЛЕПОДІБНОЮ ПОВЕРХНЕЮ

**Дідух В.Ф., д.т.н., проф., Кірчук Р.В., к.т.н., доцент,
Кокалюк Л.Ю., асистент**

Луцький національний технічний університет

У статті запропоновано конструкцію сушарки із спіралеподібною поверхнею сушильної камери. Отримано аналітичні залежності, що дозволяють обґрунтувати конструктивні параметри внаслідок моделювання переміщення матеріалу в сушильній камері.

Вступ і актуальність проблеми. Штучне сушіння рослинних матеріалів вимагає значних енерговитрат. Сучасна технологія сушіння, як елемент післязбирального обробітку сільськогосподарських матеріалів, потребує удосконалення. Удосконалення сушильної техніки ведеться в основному у трьох напрямках: зниження енерговитрат, підвищення якості виконання операції, підвищення продуктивності сушарок [1, 2].

З іншого боку, розробка нових ефективних засобів сушіння є неможливою без дослідження і застосування енергозберігаючих методів сушіння [3, 4].

Тому дослідження процесу сушіння сільськогосподарських матеріалів, направлені на вирішення проблеми енергозбереження, мають наукове і практичне значення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На даний час господарствами використовуються барабанні сушарки вітчизняного виробництва та закордонні зразки колонкових, бункерних та шахтних сушарок періодичної дії. Разом з перевагами ці сушарки мають істотні недоліки. Це і необхідність повторних проходжень матеріалу через сушильну камеру, неефективне використання потенціалу сушильного агента, нерівномірність прогріву матеріалу, недотримання стабільного режиму, низький рівень механізації завантажувально-вивантажувальних робіт.

Для усунення цих негативних явищ запропоновано конструкцію сушарки з спіралеподібною перфорованою поверхнею [5].

Постановка завдання. Метою дослідження є обґрунтування конструктивних параметри сушарки шляхом моделювання переміщення сипкого сільськогосподарського матеріалу поверхнею спіралеподібною форми.

Виклад основного матеріалу. Запропоновано конструктивне виконання сушарки із можливістю контролю часу перебування матеріалу в зоні сушіння (рис. 1). Окрім того, внаслідок обертання сушильної камери відбувається процес постійного перемішування шару матеріалу, що піддається сушінню. Це дозволяє уникнути виникнення застійних зон сушильного агента та дозволяє інтенсифікувати процес сушіння загалом.

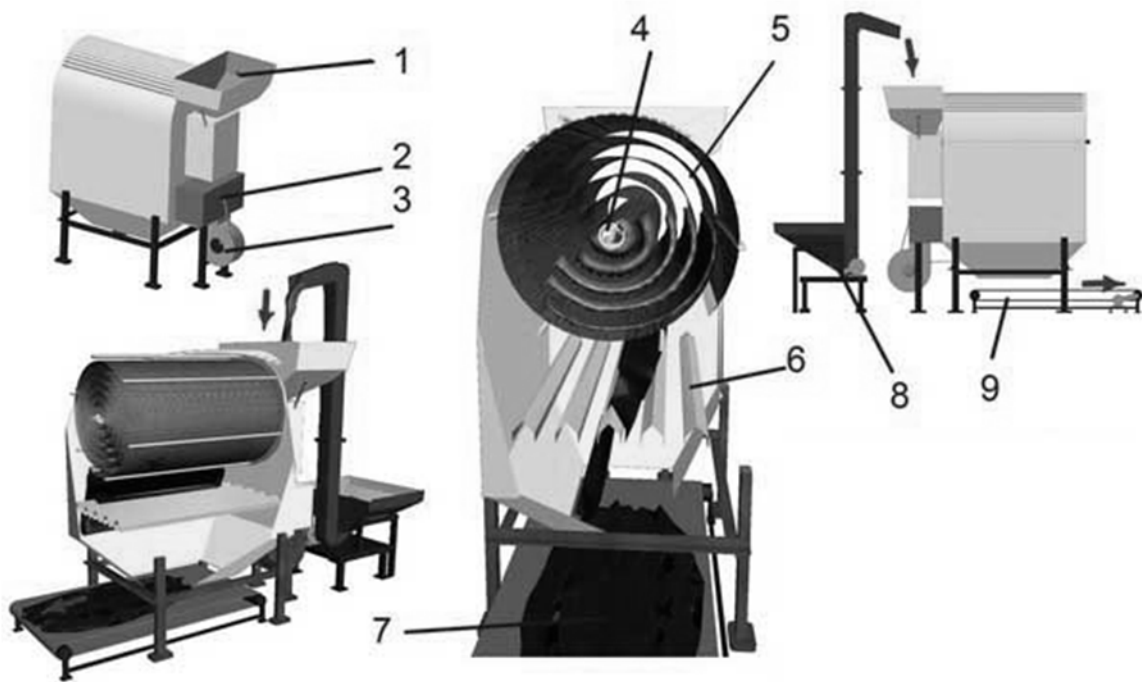


Рис. 1. Схема сушарки з спіралеподібною поверхнею:

1 – завантажувальний бункер; 2 – камера для нагрівання повітря; 3 – вентилятор; 4 – шнек; 5 – спіралеподібна перфорована поверхня; 6 – короб для підведення повітря, 7 – матеріал, що піддається сушінню; 8 – елеватор; 9 – транспортер

Сипкий матеріал елеватором завантажується в бункер, далі шнеком подається в сушильну камеру на виток перфорованої спіралеподібною поверхні. Внаслідок обертання сушильного барабана сипкий матеріал переміщується ковзаючи відносно витків перфорованої поверхні з ярусу на ярус вниз. Це сприяє пересипанню та перемішуванню сипкого матеріалу, що інтенсифікує сушіння. Досягнувши нижнього ярусу доведений до кондиційної вологості сипкий матеріал просипається між коробами і вивантажується через вивантажувальне вікно на транспортер.

Сушильний агент вентилятором від електрокалорифера підводиться в сушильну камеру, проходить через шари сипкого матеріалу на всіх ярусах перфорованої поверхні та підсушує його.

Описавши рух частинки спіралеподібною поверхнею можна розрахувати геометричні параметри сушильної камери та частоту обертання барабана, що забезпечать мінімально необхідний час перебування матеріалу в зоні дії сушильного агента і в результаті отримати раціональні режими роботи.

Плоска крива, розміщена у вертикальній площині Oxy і задана її графіком $r = r(\varphi) \left(\frac{dr}{d\varphi} \geq 0 \right)$ у полярній системі координат $Or\varphi$, обертається у своїй площині за годинниковою стрілкою зі сталою кутовою швидкістю ω . У початковий момент часу $t=0$ у деякому місці кривої поміщено матеріальну точку масою m , що знаходиться в спокої відносно абсолютної інерційної системи координат. Коефіцієнт тертя ковзання між матеріальною точкою і

кривою дорівнює f . Прискорення вільного падіння g . Необхідно знайти рівняння руху матеріальної точки.

Приймається допущення, що матеріальна точка не відривається від кривої, і тому розглядатимемо рух цієї точки в неінерційній системі координат, незмінно пов'язаній із заданою кривою. Центр системи відліку у нерухомій точці O . Оскільки траєкторія точки, відповідно до умови задачі задана в полярній системі координат, то введемо у розгляд систему одиничних ортогональних векторів e_r та e_φ , спрямованих відповідно вздовж радіуса-вектора точки (частинки) та перпендикулярно до нього у напрямі відліку полярного кута φ (рис. 2).

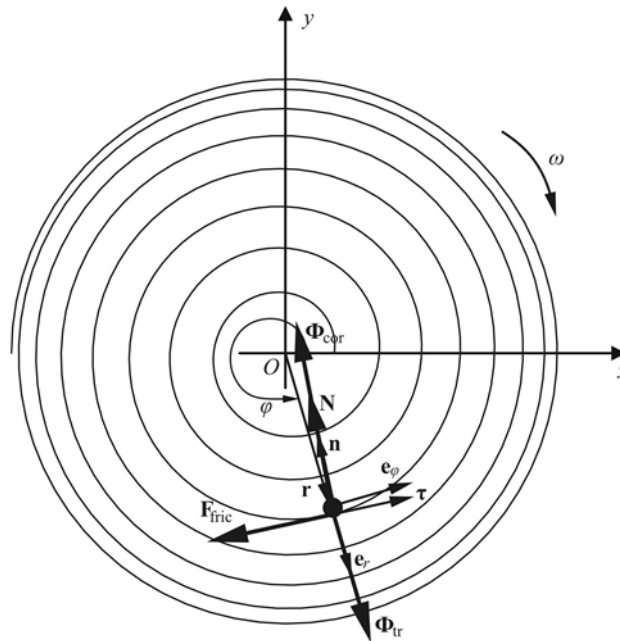


Рис. 2. Схема задачі

Відповідно до [6], $\frac{de_r}{d\varphi} = e_\varphi$, $\frac{de_\varphi}{d\varphi} = -e_r$. Додатково введемо орти натуральної системи координат: нормаль n , спрямовану у напрямі найбільшої увігнутості траєкторії, та дотичну τ . Ці вектори пов'язані із векторами e_r та e_φ залежностями

$$\tau = (r'_\varphi(\varphi)e_r + r(\varphi)e_\varphi)/J(\varphi),$$

$$n = (-r(\varphi)e_r + r'_\varphi(\varphi)e_\varphi)/J(\varphi),$$

де $J(\varphi) = \sqrt{[r(\varphi)]^2 + [r'_\varphi(\varphi)]^2}$ – якобіан;

Штрихами позначено похідні за змінними, що розташовані в індексі, тобто $r'_\varphi = \frac{dr}{d\varphi}$.

Відносна швидкість матеріальної точки, відповідно до означення [7], дорівнює

$$v_{rel} = \frac{dr}{dt} = \frac{d}{dt}(re_r) = \frac{dr}{dt}e_r + r\frac{de_r}{dt} = \dot{\phi}(r'_\phi(\phi)e_r + r(\phi)e_\phi) = \dot{\phi}J(\phi)\tau. \quad (1)$$

Тут $\dot{\phi} = \frac{d\phi}{dt}$ – похідна за часом від полярного кута ϕ , що задає розташування матеріальної точки на її траєкторії.

Відповідно до (1) та означення [7], відносне прискорення матеріальної точки дорівнює

$$a_{rel} = \frac{dv_{rel}}{dt} = \frac{d}{dt}[\dot{\phi}(r'_\phi(\phi)e_r + r(\phi)e_\phi)] = \ddot{\phi}J(\phi)\tau + (\dot{\phi})^2[(r''_\phi(\phi) - r(\phi))e_r + 2r'_\phi(\phi)e_\phi] = \\ = [\ddot{\phi}J(\phi) + (\dot{\phi})^2\alpha(\phi)]\tau + \frac{(\dot{\phi}J(\phi))^2}{\rho(\phi)}n, \quad (2)$$

де $\alpha(\phi) = r'_\phi(\phi)(r''_\phi(\phi) + r(\phi))/J(\phi)$, $\rho = [J(\phi)]^3 / (r(\phi)[r(\phi) - r''_\phi(\phi)] + 2[r'_\phi(\phi)]^2$ – радіус кривини траєкторії.

Переносне (транспортне) прискорення (тобто прискорення, зумовлене обертанням системи координат разом із кривою) для матеріальної точки дорівнює

$$a_{tr} = -\omega^2 r(\phi)e_r \quad (3)$$

і спрямоване до центра O обертання, оскільки кутове прискорення системи координат, незмінно пов'язаної з кривою, відповідно до умови задачі дорівнює нулю ($\omega = const$, $\varepsilon = \dot{\omega} = 0$).

Коріолісове прискорення матеріальної точки обчислимо із урахуванням того, що вектор переносної кутової швидкості, відповідно до умови задачі, дорівнює $\omega_{tr} = \omega[n \times \tau]$. Тобто коріолісове прискорення точки, відповідно до означення [4], дорівнює

$$a_{cor} = 2[\omega_{tr} \times v_{rel}] = 2\omega J(\phi)\dot{\phi}[[n \times \tau] \times \tau] = -2\omega J(\phi)\dot{\phi}[\tau \times [n \times \tau]] = -2\omega J(\phi)\dot{\phi}n. \quad (4)$$

Тут символом « \times » позначено операцію векторного добутку.

Отже, відповідно до (3) і (4) та принципу Даламбера [4] переносна та коріолісова сили інерції дорівнюють

$$\Phi_{tr} = -ma_{tr} = m\omega^2 r(\phi)e_r, \quad \Phi_{cor} = -ma_{cor} = 2m\omega J(\phi)\dot{\phi}n. \quad (5)$$

Окрім сил інерції (5) на матеріальну точку діють:

- нормальна реакція в'язі (кривої)

$$N_a = Nn; \quad (6)$$

- сила тертя ковзання, що відповідно до закону Кулона [7] вважається рівною

$$F_{fric} = -fN \text{sign}(v_{rel} \cdot \tau) = -fN \text{sign}(\dot{\phi})\tau; \quad (7)$$

- сила ваги матеріальної точки, вектор якої у вибраній неінерційній системі координат має вигляд

$$G = mg \left[\sin(\omega t - \varphi) e_r - \cos(\omega t - \varphi) e_\varphi \right]. \quad (8)$$

Відповідно до другого закону Ньютона [7], записаного для неінерційної системи відліку, відносно прискорення матеріальної точки пропорційне до векторної суми активних сил, реакцій в'язей та сил інерції, що діють на неї, тобто

$$ma_{rel} = F_{fric} + G + N_{\dot{a}} + \Phi_{tr} + \Phi_{cor}. \quad (9)$$

Запишемо векторну рівність (9) у проекціях на осі натуральної системи координат, означеної векторами (n, τ) . Для цього помножимо скалярно рівність (9) спочатку на τ , а потім на n із урахуванням таких залежностей:

$$\begin{aligned} n \cdot n = 1, \quad \tau \cdot \tau = 1, \quad n \cdot \tau = 0, \quad e_r \cdot e_r = 1, \quad e_\varphi \cdot e_\varphi = 1, \quad e_r \cdot e_\varphi = 0, \\ n \cdot e_r = (-r(\varphi) e_r + r'(\varphi) e_\varphi) / J(\varphi) \cdot e_r = -r(\varphi) / J(\varphi); \\ n \cdot e_\varphi = (-r(\varphi) e_r + r'(\varphi) e_\varphi) / J(\varphi) \cdot e_\varphi = r'(\varphi) / J(\varphi); \\ \tau \cdot e_r = (r'(\varphi) e_r + r(\varphi) e_\varphi) / J(\varphi) \cdot e_r = r'(\varphi) / J(\varphi); \\ \tau \cdot e_\varphi = (r'(\varphi) e_r + r(\varphi) e_\varphi) / J(\varphi) \cdot e_\varphi = r(\varphi) / J(\varphi). \end{aligned}$$

У такий спосіб отримуємо рівняння відносного руху матеріальної точки уздовж кривої $r = r(\varphi)$:

$$\begin{aligned} \ddot{\varphi} J(\varphi) + (\dot{\varphi})^2 \alpha(\varphi) = -f \tilde{N} \text{sign}(\dot{\varphi}) + \\ + \frac{g}{J(\varphi)} \left[r'(\varphi) \sin(\omega t - \varphi) - r(\varphi) \cos(\omega t - \varphi) \right] + \frac{\omega^2 r(\varphi) r'(\varphi)}{J(\varphi)}, \end{aligned} \quad (10)$$

де

$$\begin{aligned} \tilde{N} = \frac{N}{m} = \frac{(\dot{\varphi} J(\varphi))^2}{\rho(\varphi)} + \frac{[\omega r(\varphi)]^2}{J(\varphi)} - \\ - 2\omega J(\varphi) \dot{\varphi} + \frac{g}{J(\varphi)} \left[r(\varphi) \sin(\omega t - \varphi) + r'(\varphi) \cos(\omega t - \varphi) \right]. \end{aligned} \quad (11)$$

Якщо матеріальна точка поміщена на криву без початкової швидкості в абсолютній системі координат, то початкові умови задачі, з урахуванням вибраних напрямів відліку кута φ та кутової швидкості ω обертання системи відліку, мають вигляд

$$\varphi(0) = \varphi_0; \quad v_{rel}(0) \cdot e_\varphi(\varphi_0) = \omega r(\varphi_0) \Rightarrow \dot{\varphi}(0) = \omega. \quad (12)$$

Рівняння (10) необхідно розв'язувати з урахуванням умови $\tilde{N} \geq 0$, тобто того, що матеріальна точка не відривається від поверхні кривої.

Диференціальне рівняння (10) є нелінійним диференціальним рівнянням зі змінними коефіцієнтами, тому для його розв'язування використовуються числові методи. Оскільки в (10) присутня розривна функція sign , то для

забезпечення стійкості розв'язку необхідно вибирати числову схему зі сталим кроком. Отже, оптимальним є розв'язування задачі методом Рунге-Кута 4 порядку.

Розроблена модель реалізована у системі MAPLE, а візуалізація отриманих результатів представлена на рис. 3.

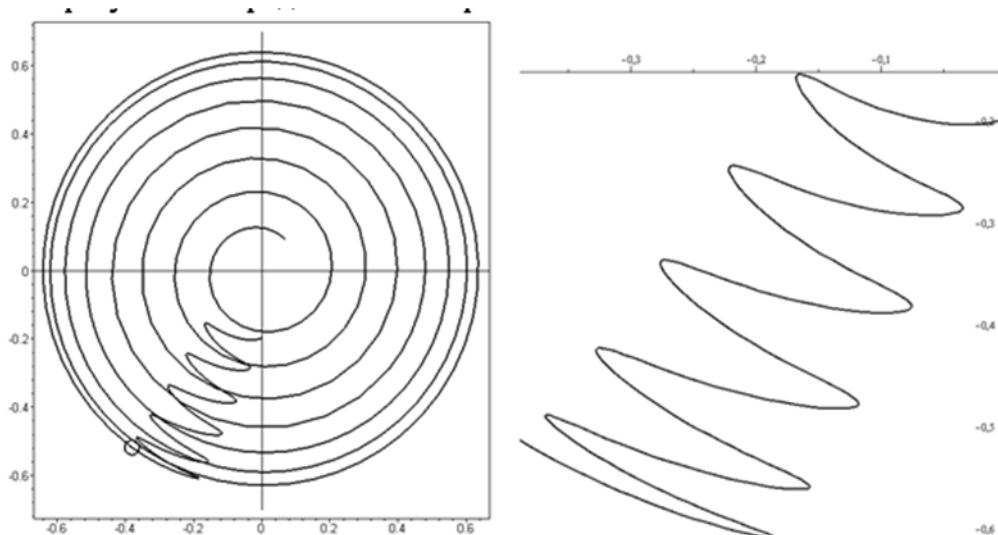


Рис. 3. Траекторія руху частинки спіралеподібною поверхнею

Висновки. Отримана модель дає можливість розрахувати час перебування матеріалу в зоні сушіння і, як наслідок, встановити значення частот обертання для сушіння різних сипких сільськогосподарських матеріалів. Теоретичні викладки перевірені експериментально на виготовленому лабораторному зразку сушарки (рис. 4).



Рис. 4. Загальний вигляд сушарки із спіралеподібною формою сушильної камери

Список використаних джерел

1. Котов Б.И. Технологические и теплоэнергетические основы повышения эффективности сушки растительного сырья: Дис. ... д-ра техн. наук: 05.20.01 / УААН, Ин-т механизации и электрификации с.х. / Борис Иванович Котов. – Глеваха, 1994. – 440 с.
2. Лісецький В. О. Підвищення ефективності сушіння зерна в сушарках періодичної дії: Автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: 05.05.11 “Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва” / В. О. Лісецький. – Глеваха, 2004. – 18 с.
3. Зеленко В.И. Конвективная сушка сельскохозяйственных материалов в плотном слое: Основы теории / В.И. Зеленко. – Тверь: Обл. кн.-журн. изд-во, 1998. – 96 с.
4. Дідух В.Ф. Підвищення ефективності сушіння сільськогосподарських матеріалів: Монографія / Володимир Федорович Дідух. – Луцьк: ЛДТУ, 2002. – 165 с.
5. Пат. № 85766 Україна, МПК (2009) F26 B11/00. Барабанна сушарка / Дударев І.М., Кірчук Р. В., Кокалюк Л.Ю.; заявник і власник патенту Луцький державний технічний університет. – № а200706074; заявл. 01.06.2007р.; опубл. 25.02.2009, Бюл. №4.
6. Смирнов В. И. Курс высшей математики / В. И. Смирнов. – М.: ГИФМЛ, 1962. – Т. 1. – 478 с.
7. Маркеев А. П. Теоретическая механика: Учебник для университетов / А. П. Маркеев. – М.: ЧеРо, 1999. – 572 с.

Аннотация

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ СУШИЛКИ ПУТЕМ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ МАТЕРИАЛА СПИРАЛЕОБРАЗНОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ

Дідух В.Ф., Кірчук Р.В., Кокалюк Л.Ю.

В статье предложено конструкцию сушилки со спиралеобразной поверхностью сушильной камеры. Получены аналитические зависимости, позволяющие обосновать конструктивные параметры вследствие моделирования перемещения материала в сушильной камере.

Abstract

RATIONALE FOR THE PARAMETERS DRYERS BY MODELLING OF MATERIAL MOVING IN DRYER WITH SPIRAL SURFACE

Volodymyr Didukh, Ruslan Kirchuk, Kokalyuk Lyudmila

The article suggested that the construction of the dryer with a spiral surface of the drying chamber. Analytical dependences the design parameters by modelling of material moving in dryer with spiral surface.

**РЕАЛІЗАЦІЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ
ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИМИ РЕЖИМАМИ РОБОТИ
ЕЛЕКТРОТЕПЛОВЕНТИЛЯЦІЙНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ
АКТИВНОГО ВЕНТИЛЮВАННЯ ЗЕРНА**

Б.І. Котов, д. т. н., Р.А. Калініченко, к. т. н.
ВП НУБіП України «НАТІ» НУБіП України

Запропоновано енергозберігаючі режими роботи електротепловентиляційного обладнання для активного вентилявання зерна і автоматизовану систему управління ними. Установка активного вентилявання, електротепловентиляційне обладнання, мікроконтролер, диференційоване і імпульсно-періодичне вентилявання.

Господарства України, які займаються виробництвом зерна, витрачають значні кошти на післязбиральну очистку та доведення зерна до відповідних стандартів за вологістю. В затратах на сушіння вартість палива і електроенергії складає близько 90%, причому на сушіння припадає більше 60% від загальних затрат на виробництво кінцевого продукту [1].

Зниження енерговитрат і питомої потужності обладнання для сушіння зерна досягається там, де застосовують імпульсно-періодичні режими, що реалізується за принципом “сушіння-відлежування”, при диференційованих режимах проведення процесу активного вентилявання [3,4,5]. Застосування цієї технології вимагає підвищеного контролю і можливості регулювання вологості, температури, подачі теплоносія, що досягається за рахунок автоматизації процесу [2]. Процес автоматичного контролю суттєво зменшує час непродуктивної роботи обладнання (пересушування і перегрівання зерна), а також забезпечує дотримання енергозберігаючих режимів роботи електротепловентиляційного обладнання для активного вентилявання.

Тому дослідження спрямованні на впровадженням в сільгосппідприємствах енергозберігаючих режимів роботи установок для активного вентилявання зерна і автоматизованих систем управління ними на основі мікропроцесорної техніки, які в автоматичному режимі здійснюють управління вентилятором і підігрівачем є досить актуальними.

Метою досліджень було визначення енергетичної ефективності розроблених енергозберігаючих режимів роботи електротепловентиляційного обладнання для активного вентилявання .

Результати досліджень. Для дослідження диференційованих і імпульсно-періодичних режимів роботи установки активного вентилявання, в дослідній лабораторії Ніжинського агротехнічного інституту побудована фізична модель (рис.1).

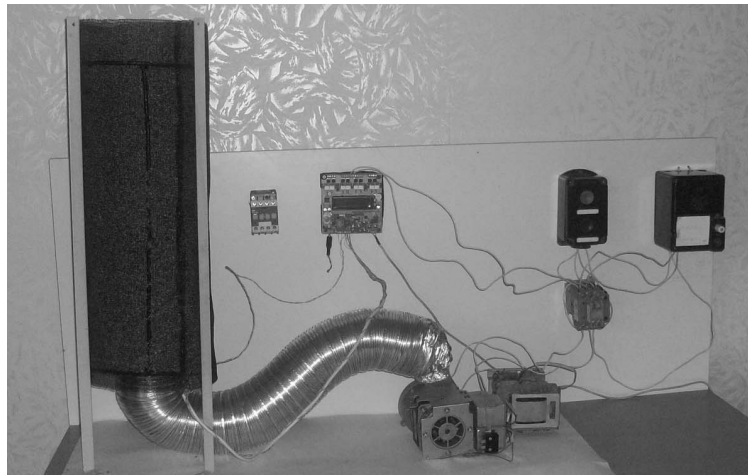


Рис.1. Фізична модель установки активного вентилявання зерна

Основними параметрами процесу якими можна управляти є питома витрата повітря і температура нагріву і змінюючи їх значення за часом можна реалізувати такий режим, що експозиція сушіння буде мінімальною і відповідно зменшаться загальні енерговитрати.

Для визначення основних параметрів електронагрівального і вентиляційного обладнання необхідно мати дані про експозицію вентилявання і вологопоглинальну здатність атмосферного повітря з урахуванням зміни кліматичних умов (температури і вологості) протягом доби.

Кількість повітря для досушування зерна активним вентиляванням, як відомо [6] залежить від величини поглинальної здатності повітря і може бути визначена із співвідношення:

$$\alpha = \frac{W \cdot 10^3}{\Delta d(\varphi, t)}, \quad (1)$$

де $\Delta d(\varphi, t)$ - поглинальна здатність повітря, що використовують, як сушильний агент;
 α - кількість повітря, що необхідно для поглинання вологи видаленої із зерна в кількості W , кг .

Тоді продуктивність через питоми витрати повітря (яка визначається вологістю зерна) і експозицією вентилявання – час роботи вентилятора:

$$L = \frac{W \cdot 10^3}{\Delta d \cdot \rho_n \cdot \tau_B}. \quad (2)$$

Вологопоглинальна здатність повітря при сушінні зерна залежить від відносної вологості (кількості водяної пари в повітрі) і може бути визначена емпіричною формулою: $\Delta d = (5 - 5,45 \cdot \varphi)$, де φ - відносна вологість повітря в долях одиниці [6].

Враховуючи співвідношення між кількістю видаленої вологи та початковим і кінцевим вологовмістом зерна, отримаємо співвідношення, що визначає продуктивність вентиляційної установки:

$$L = \frac{(U_0 - U_K) \cdot 10^3}{(1 - U_K) G_3 (5 - 5,45\varphi) \cdot \tau_B}, \quad (3)$$

де U_0, U_K - початковий і кінцевий (кондиційний) вологовміст зерна.

Величина $\tau_B = f(U_0, t, L)$ визначається із рівняння кінетики сушіння, яке можна представити у формі:

$$\tau_B = \frac{1}{K_1} \text{Ln} \frac{U_{0i} - U_P}{U_K - U_P}, \quad (4)$$

Коефіцієнт сушіння K_1 - можна визначити для кожного проміжного значення U_{0i} вологовмісту зерна із рівняння отриманого за експериментальними даними:

$$K_1 = [-2,45 + 0,000747 L \cdot t + 0,0142 t^2] 10^{-3}, \quad (5)$$

$t = t_3 + \Delta t_H$, де Δt_H - ступінь нагріву повітря в калорифері, t_3 - температура зовнішнього повітря.

Підставивши рівняння (5) в (4), а (4) в (3) і розв'язавши отриману залежність відносно L , отримаємо залежність для визначення продуктивності вентилятора

Результати обрахунків представлено графічно у вигляді залежності питомої продуктивності вентилятора від поточного вологовмісту (вологості) зерна в процесі його сушіння та відносної вологості повітря, яке подається в шар зерна (рис.2.).

Графік $L(U_0, \varphi)$ ілюструє реальну можливість зниження витрат повітря (продуктивності вентилятора) в процесі сушіння зерна за мірою зниження його вологості, а на основі рівнянь (3)-(5) можна визначити раціональну продуктивність вентилятора.

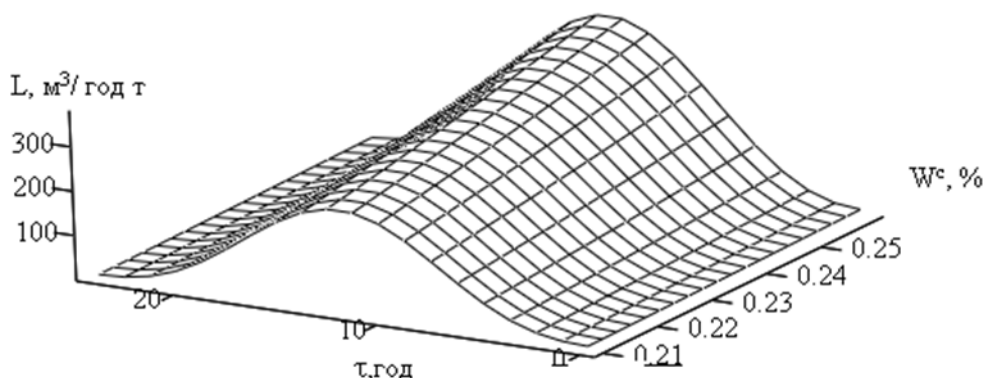


Рис.2. Залежність потрібної продуктивності вентилятора від добових коливань температури і вологості повітря, початкової вологості зерна (добова зміна температури апроксимована рівнянням $t_3 = 18 - 4 \cos(\pi\tau/12)$ °C).

Але при цьому повинна використовуватись умова - не перебільшення експозиції вентилявання строку безпечного зберігання зерна:

$$\sum_1^4 \tau_{Bi} \leq \tau_{KP}, \quad (6)$$

де τ_{KP} - крайове значення строку зберігання.

Як показує аналіз співвідношень (3)-(5) при зменшенні питомих витрат повітря збільшується експозиція, тому для виконання умови (6) необхідне додаткове нагрівання повітря, особливо на кінцевих етапах сушіння. Так при досягненні зерном вологості 20% і зниженні питомих витрат з 400 м³/тгод до 200 м³/т год швидкість сушіння знижується в 1,8 рази, але відповідно потужність встановленого приводу вентилятора буде зменшена з 14 до 6 кВт.

Використання “вивільної” потужності 8кВт на нагрівання дозволяє підвищити температуру повітря на 2,6^oC, що приводить до збільшення швидкості сушіння в 2,2 рази. Тобто, із зменшенням експозиції вентиляювання при постійній величині встановленої потужності відбувається зменшення загальної енергоємності процесу.

Аналізом проведення числових експериментів (на основі даних визначених експериментально) встановлено, що найбільшу економію електроенергії 21.5-23.8 кВт·год/т забезпечують диференційовані режими при ступінчастій зміні витрат і температури підігріву повітря. Відповідно при зміні співвідношення P_v/P_n від 0,68 (при традиційному вентиляюванні) до 0.4-2.85.

Це дозволило визначити (на прикладі досушування зерна пшениці) раціональний регламент проведення процесу, при початковій вологості $W^c=25\%$ (рис.3):

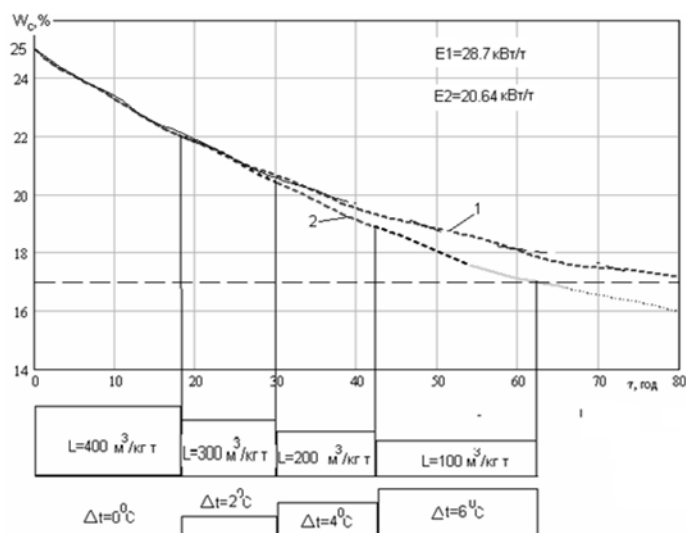


Рис.3 Залежність змінення вологи зерна в часі і технологічного регламенту (добова зміна температури повітря апроксимована рівнянням $t_3=18-4\cos(\pi t/12)$, ^oC) 1- неперервне вентиляювання без підігріву повітря $L=400$, м³/год·т; 2-диференційовані режими при денному вентиляюванні.

Енергозберігаючі імпульсно-періодичні режимів роботи установки активного вентиляювання зерна визначали на основі методики викладеної у роботі (7), блок-схема алгоритму розрахунку представлена на Рис.4.

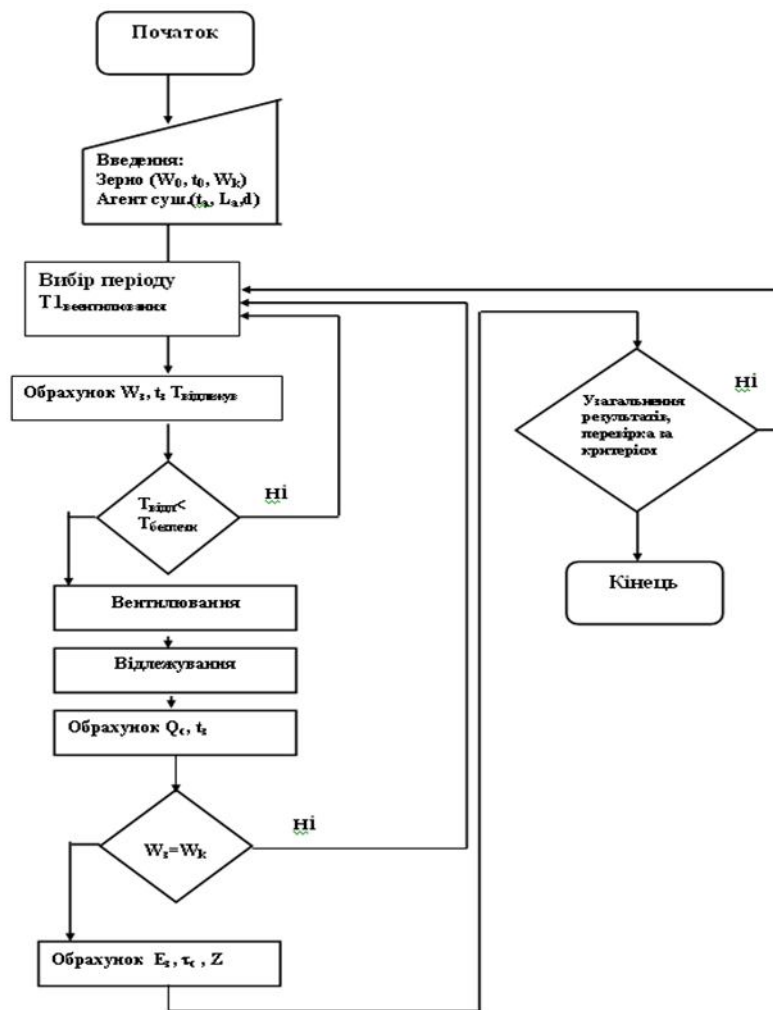


Рис.4. Блок-схема алгоритму визначення раціональних імпульсно-періодичних режимів сушіння зерна активним вентиляванням.

Для експериментального дослідження запропонованих режимів за основу автоматизованої системи взято принципову схему управління бункера активного вентилявання БВ-25, яка сьогодні ще використовується на зернопереробних підприємствах. Основним керуючо-контролюючим елементом управління процесом активного вентилявання зерна вибрано мікроконтролер ВМ8036.

Мікроконтролер в схемі керування активним вентиляванням забезпечував визначення контрольних параметрів технологічного процесу та здійснював оперативне управління процесом сушіння і охолодження зерна до задач якого відносилося:

- забезпечення автоматизації поточного контролю техніко-економічних показників роботи вентиляційного обладнання;
- подача сигналу при фіксуванні недопустимих відхилень параметрів процесу сушіння;
- сигналізація про перевищення граничних значень параметрів процесу сушіння;
- забезпечення зручного для сприйняття відображення поточних значень контрольованих параметрів в режимі реального часу.

Технологічному контролю підлягали такі параметри:

- температура зерна (середньооб'ємна);
- вологість зерна (середньооб'ємна);
- вологість (відносна) повітря, що подається в шар зерна (вологість повітря на вході у повітророзподільний канал);
- кількість сушильного агента;
- вологість повітря в шарі зерна (в міжзерновому просторі), яка відповідає рівноважному стану зерна;

Управління роботою установки активного вентилявання здійснювалося дистанційно шляхом дії на окремі пристрої (привід вентилятора, нагрівачі, клапани повітропроводів) в автоматичному та ручному режимах.

Температура і вологість вимірювалась за допомогою датчиків температури ємнісного типу RS18B20, відносної вологості типу НН4000-002, які підключали безпосередньо до блока мікроконтролера ВМ8936.

Технологічні параметри вологості і температури повітря підтримувалися автоматичним включенням і виключенням трьох секцій електрокалорифера.

Раціональні технологічні параметри імпульсно-періодичне вентилявання, обраховувались за математичною моделлю (7), які потім вводилися в мікроконтролер у вигляді програми за допомогою персонального комп'ютера через СОМ порт.

Висновки. За результатами проведених досліджень:

- доведена ефективність застосування диференційованих режимів роботи електротепловентиляційного обладнання шляхом поступового зниження витрат повітря пропорційно кількості залишкової вологи в зерні з одночасним підвищенням температури повітря (за рахунок “вивільненої” потужності приводу вентилятора). При цьому співвідношення потужності приводу вентилятора і нагрівача змінюється в межах 0.4-2.85, що забезпечує зниження питомих витрат електроенергії до 17-25% (4.6-7 кВт год/т);
- визначено, що найбільшу економію питомих витрат електроенергії до 30% (7-8.5 кВт·год/т) забезпечує режим імпульсно-періодичного вентилявання (вмикання вентилятора), який може бути реалізований при таких параметрах: питомі витрати атмосферного повітря ($t = 15-25^{\circ}\text{C}$; $\varphi = 60-65\%$) 200-400 м³/год·т, період вентилявання 2-4 години, експозиція відлежування 0.4-0.75 год. (за умов зниження вологості зерна нижче 18-17.5%, експозиція відлежування може бути збільшена до 1..2 год). При цьому загальна експозиція сушіння зменшується на 25-30% і не перевищує строк безпечного зберігання зерна.
- розроблена автоматизована система керування установкою активного вентилявання з мікроконтролера ВМ8036, що дозволяє звести до мінімуму механічні впливи на зерно й високоякісно сушити його при диференційованих і імпульсно-періодичних режимах вентилявання.

Список використаних джерел

1. Анискин В.И. Консервация влажного зерна. – М.: Колос, 1968.–286 с.
2. Котов Б.І., Калініченко Р.А. Застосування імпульсно-періодичних режимів вентилявання при реалізації енергоощадної двостадійної технології сушіння зерна// Науково-виробничий журнал “Електрифікація та автоматизація сільського господарства”. К. – 2003 р. № 2. – С. 69 – 74.
3. Котов Б.І., Калініченко Р.А. Анатомічне дослідження вологи в зернівці в період відлежування Збірник наукових праць Кіровоградського державного університету 2004. вип.14.с.13-18
4. Мельник Б.Е., Егорова С.В. Технология перемешиваемого вентилирования зерна. Обзорная информация ЦНИИТЭИ Мингаза СССР.– М.:– 1991. – 25 с.
5. Малин Н.И. Снижение затрат на сушку зерна. –М.: ЦНИИТЭИ хлебопродуктов, 1991. – 45 с.
6. Петрюшавичюс В.И. Основы сушки сельскохозяйственных продуктов методом активного вентилирования. Автореф. дис. канд. техн. наук. –Елгава, 1975.-32с.
7. Котов Б.І., Калініченко Р.А. Анатомічне дослідження вологи в зернівці в період відлежування //Збірник наукових праць Кіровоградського державного університету Кіровоград.-2004. вип.14.С.13-18.

Аннотация

РЕАЛИЗАЦИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИМИ РЕЖИМАМИ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОТЕПЛОВЕНТИЛЯЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ АКТИВНОГО ВЕНТИЛИРОВАНИЯ ЗЕРНА

Б.И. Котов, Р.А. Калиниченко

Предложено энергосберегающие режимы работы электротепловентиляционного оборудования для активного вентилирования зерна и автоматизированную систему управления ими. Установка активного вентилирования, электротепловентиляционное оборудование, микроконтроллер, дифференцированное и импульсно-периодическое вентилирование.

Abstract

THE IMPLEMENTATION OF AUTOMATED MANAGEMENT ENERGY- SAVING MODES ELECTROTHERMAL AND ELECTRIC VENTILATION EQUIPMENT FOR ACTIVE AERATION GRAIN.

B. Kotov, RA Kalinichenko,

Proposed energy-saving modes, electrothermal and electric ventilation equipment for aeration of grain and automated system management. Installation of aeration, electrothermal and electric ventilation equipment, microcontroller, differential and pulse-periodic venting.

ОСОБЛИВОСТІ ПІСЛЯЗБИРАЛЬНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ РЕДИСКИ НА ВІБРОФРИКЦІЙНОМУ СЕПАРАТОРІ

Заїка П.М. акад. НААНУ, д.т.н., проф., Бакум М.В. к.т.н., проф., Михайлов А.Д. к.т.н., доц., Козій О.Б. к.т.н., доц., Козій Д.О. маг.

Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка

Наведені результати досліджень сепарації насіння редиски на віброфрикційному сепараторі. Визначені раціональні параметри сепаратора при очищенні насіння редиски.

Постановка задачі. Однією з основних задач сільського господарства у теперішній час є надійне забезпечення країни продуктам харчування і сільськогосподарською сировиною. Важливим напрямком для розв'язання цієї задачі є підвищення врожайності овочевих культур, у тому числі редиски, за рахунок використання для посіву насіння з високими посівними якостями.

У зв'язку з цим, що до посівного матеріалу, від якості якого залежить сталі та високі врожаї, висуваються усе більш високі вимоги. Отримання високоякісного насіння викликає необхідність удосконалення конструкцій існуючих зерноочисних машин, визначенню нових ознак розділення компонентів насінневих сумішей, розробки та використанню нових зерноочисних машин.

Для одержання висококондиційного посівного матеріалу та мінімальних втрат насіння основної культури у відхід застосовують ті робочі органи та зерноочисні машини, на яких виділяється найбільша кількість насіння бур'янів та домішок. При цьому керуються ще і пропускною здатністю робочих органів машин. У порядку зменшення пропускної здатності робочі органи зерноочисних машин розташовуються таким чином: решета з прямокутними отворами; решета з круглими отворами; трієрні блоки; пневматичні сортувальні столи; пневматичні колонки; фрикційні сепаратори; електромагнітні зерноочисні машини.

Аспіраційні системи застосовують у всіх випадках (у комбінації з решетами, трієрами або окремо).

Складають раціональну послідовну схему технологічного процесу сепарації та підбирають до неї необхідний набір машин (або переналагоджують технологічні лінії зерноочисних пунктів, агрегатів, комплексів).

Остаточно коректують робочі розміри елементів обраних робочих органів зерноочисних машин (бажано за допомогою спеціального лабораторного устаткування та приладів) при визначенні їх продуктивності та якості сепарації насіння.

Необхідно відзначити, що очищення та сортування насіння овочевих культур, у тому числі насіння редиски, на вказаних робочих органах

зерноочисних машинах загального та спеціального призначення, не завжди забезпечує отримання насіння основної культури з високими посівними якостями. Багаторазові пропуски насінневих сумішей через робочі органи машин також не дає позитивного результату, збільшує травмування насіння та втрати їх у відхід.

Тому пошук нових ознак сепарації компонентів насінневих сумішей та робочих органів і зерноочисних машин для підготовки посівного матеріалу овочевих культур, у тому числі насіння редиски, має важливе значення і є актуальною задачею.

Мета досліджень. Дослідити можливість очищення та сортування насіння редиски на віброфрикційному сепараторі. Визначити раціональні параметри сепаратора при очищенні насіння редиски.

Результати досліджень. Розв'язання проблеми підвищення якості насіння редиски пов'язано із створенням нових високоефективних та високопродуктивних засобів механізації по їх очищенню та сортуванню. До таких засобів варто віднести віброфрикційні сепаратори, застосування яких відкриває можливості удосконалення технологічного процесу очищення та сортування насіння редиски [1,2,3].

Дослідженнями встановлено, що віброфрикційні сепаратори, які розділяють насінневі суміші за комплексом фізико-механічних властивостей (фрикційні властивості, пружність і форма насіння), зарекомендували себе, з позитивної сторони при підготовці насінневого матеріалу овочевих, круп'яних, масличних, лікарських культур, насіння трав та інших культур.

Конструктивна схема віброфрикційного сепаратора для сепарації насінневих сумішей редиски наведена на рисунку 1.

Робочий орган сепаратора - фрикційні неперфоровані поверхні 4, які встановлені з поздовжньо-поперечним кутом нахилу до горизонту. Поздовжній і поперечний кути нахилу робочих поверхонь регулюються, відповідно механізмами 5 і 15. Поверхні, що сепарують, закріплені до вібростолів 6, що встановлені на пружній підвісці 9. Пружини підвіски розташовані симетрично на рамі 10.

Для запобігання склепоутворювання насіння, на вібруючій частині сепаратора, встановлені живильні пристрої 3, що подають насінневу суміш на кожен робочу поверхню. Між живильними пристроями 3 і бункером 1 знаходяться перехідні патрубки 2 з еластичного матеріалу. До вібростолу закріплені двовальні дебалансні віброзбудники 11 спрямованої дії так, що лінія дії вимушених сил складає гострий кут з напрямком зростання підйому. Відрозбудники приводяться в дію від електродвигуна змінного струму. Для збору продуктів розділення є приймальники насіння.

Технологічний процес роботи віброфрикційного сепаратора здійснюється наступним чином.

Під впливом коливань, вихідний насінневий матеріал редиски із бункера через гнучкі патрубки і живильні пристрої надходить на робочі поверхні. На них компоненти суміші в залежності від фізико-механічних характеристик переміщуються за різними траєкторіями і розділяються. Так більш округле,

пружне насіння основної культури скочується в нижні приймальники продуктів розділення. Плоске, шорсткувате і менш пружне насіння редиски, а також насіння бур'янів та домішки переміщуються у верхні приймальники. Насіння та домішки, що мають проміжні значення цих властивостей, надходять у бокові приймальники. Подача насінневої суміші на поверхні здійснюється таким чином, щоб на робочому органі відбувалося одношарове переміщення компонентів суміші.

Для нормального протікання технологічного процесу віброфрикційний сепаратор повинен встановлюватися в закритому приміщенні. Завантаження насіння у бункер здійснюється за допомогою зерноавантажувача.

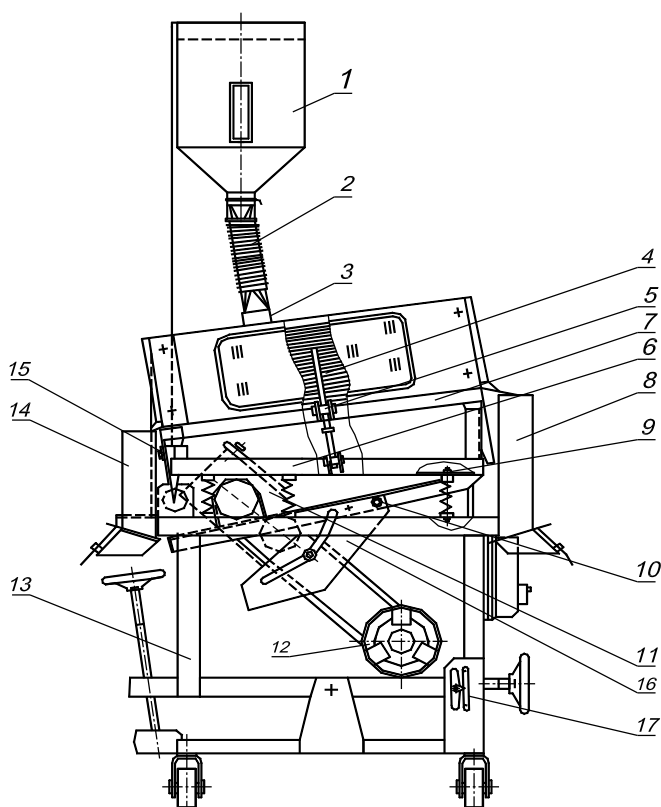


Рисунок 1 - Конструктивна схема віброфрикційного сепаратора

1 - бункер, 2 - перехідні патрубки, 3 - живильники, 4 - пакет площин, 5 - механізм регулювання поздовжнього кута нахилу поверхонь, 6 - рама віброзбудника, 7 - рама площин, 8 - секція напрямних верхня, 9 - механізм стискання, 10 - рама проміжна, 11 - віброзбудники, 12 - механізм приводу, 13 - рама основна, 14 - секція напрямних нижня, 15 - механізм регулювання поперечного кута нахилу поверхонь, 16 - механізм регулювання віброзбудника, 17 - механізм регулювання кута спрямованості

Результати очищення та сортування насіння редиски. Дослідження очищення насіння редиски від важковідокремлюваного насіння бур'янів та домішок з одночасним сортуванням насіння основної культури проводилися на віброфрикційному сепараторі.

Конструктивно-кінематичні параметри віброфрикційного сепаратора були наступними: поздовжній кут нахилу робочої поверхні- $5,7^\circ$; поперечний- $3,4^\circ$; амплітуда коливань робочого органу-1,1мм; частота коливань-1750кол/хв.;

кут спрямованості коливань- 30° .

Продуктивність сепаратора при установці однієї робочої поверхні, облицьованою брезентом, склала 5,2кг/год.

Результати сепарації насіння редиски на віброфрикційному сепараторі наведені в таблиці 1.

Вихідне насіння редиски було некондиційне [6,7], тому що в насіннєвій суміші містилося: насіння щетиника сизого-2,8%, гречишки в'юнкової-1,6%, проса курячого-3,9%, дикої редьки-2,3%, домішок-3,4%.

За один пропуск через віброфрикційний сепаратор в перші три приймальники потрапило насіння редиски, вміст якого, у порівнянні з вихідним, збільшився на 11,5%, схожість та енергія проростання, відповідно, підвищились на 11,7% та 9,3%. Вихід насіння основної культури цих приймальників складає 30,0%.

Маса 1000 штук насінин редиски у перших трьох приймальниках, зростає, у порівнянні з масою 1000 штук насінин вихідної суміші, на 2,53г.

При виході насіння редиски 34,6% четвертої фракції вміст насіння основної культури, у порівнянні з вихідним насінням, підвищився на 11,0%, схожість - на 10,0%, енергія проростання - на 9,0%, маса 1000 штук насінин - на 1,4г.

Вміст насіння основної культури п'ятої фракції, у порівнянні з вихідним насінням, збільшився на 10%. Схожість, енергія проростання та маса 1000 штук насінин підвищились, відповідно, на 7%; 9%; 1,1г.

У шостий-восьмий приймальники надходило некондиційне насіння редиски з великим вмістом насіння бур'янистих рослин, відповідно: 17,6%, 28,3%, 33,1% і значним вмістом домішок: 11,4%, 18,7%, 32,9%.

У останніх трьох приймальниках (шостий-восьмий) спостерігалось зменшення маси 1000 штук насінин, від 0,3 до 4,6г, відповідно до маси 1000 штук насінин вихідної суміші.

Необхідно відзначити, що при такому способі очищення насіння редиски відбувається одночасно відбір у відхід (шостий-восьмий приймальники) неповноцінного насіння: травмоване, щупле, з низькою масою 1000 штук насінин, зниженою лабораторною енергією проростання та схожістю, яке дає низький врожай редиски (на 25-30% нижче врожаю перших п'яти фракцій).

Визначення раціональних параметрів процесу очищення насіння редиски на віброфрикційному сепараторі.

Під оптимальністю параметрів роботи сепаратора варто розуміти одержання найкращих результатів у конкретних умовах. На підставі попередніх досліджень встановлено, що на процес сепарації насіння редиски суттєво впливає: амплітуда коливань- A , частота коливань- ω , кут спрямованості коливань робочого органу- ε ; поздовжній кут- α і поперечний кут- β нахилу фрикційної поверхні до горизонту.

При проведенні експериментів задавалися такі вихідні рівні варіювання факторів: $A=1,1\text{мм}$, $\omega=170\text{с}^{-1}$, $\varepsilon=30^\circ$, $\alpha=6,7^\circ$, $\beta=3,8^\circ$.

Були обрані наступні інтервали варіювання досліджуваних факторів: $\Delta A=0,1\text{мм}$, $\Delta\omega=20\text{с}^{-1}$, $\Delta\varepsilon=1,0^\circ$, $\Delta\alpha=1,5^\circ$, $\Delta\beta=0,5^\circ$.

Фактори позначалися в такий спосіб: $A - X_1$, $\omega - X_2$, $\varepsilon - X_3$, $\alpha - X_4$, $\beta - X_5$.

При проведенні досліджень використовувалося центральне композиційне планування [4,5].

Як критерій оптимізації при очищенні насіння редиски був прийнятий максимально можливий вихід основної фракції відповідний висококондиційному насінню.

Таблиця 1 - Результати очищення та сортування насіння редиски на віброфрикційному сепараторі

Найменування показників	Вихідне насіння	Приймальники насіння (фракції)							
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Розподілення насінневої суміші по приймачам, %	100	5,3	7,9	16,8	34,6	23,2	7,9	3,1	1,2
Розподілення насіння зростаючим підсумком, %	100	5,3	13,2	30,0	64,6	87,8	95,7	98,8	100
Маса 1000 штук насінин, г	9,1	11,9	11,6	11,4	10,5	10,2	8,8	6,7	4,5
Схожість, %	77	89	88	89	87	84	62	51	44
Енергія проростання, %	72	84	83	82	81	81	58	46	39
Вміст насіння основної культури, %	86	97	98	98	97	96	71	53	34
Вміст домішок, %	3,4	0,9	0,4	0,3	0,6	0,9	11,4	18,7	32,9
Вміст насіння бур'янистих рослин, %, у тому числі:	10,6	2,1	1,6	1,7	2,4	3,1	17,6	28,3	33,1
проса курячого	3,9	-	-	-	-	-	8,8	13,3	14,8
щетиника сизого	2,8	-	-	-	0,6	1,2	4,7	9,6	10,2
гречишки в'юнкової	1,6	1,3	0,7	0,8	1,1	1,4	3,9	5,4	8,1
дикої редьки	2,3	0,8	0,9	0,9	0,7	0,5	0,2	-	-

Крім зазначених параметрів на процес очищення впливає і подача насінневої суміші на робочий орган сепаратора. При проведенні експериментів подача насінневої суміші редиски на робочий орган віброфрикційного сепаратора не змінювалася. Для цього проводилися дослідження з впливу подачі на якість очищення насіння. Досліджувалася подача на рівнях: 130-190кг/год. Отримані дані показують, що зі збільшенням подачі насіння на робочий орган сепаратора якість очищення насіння редиски знижується. В результаті проведених досліджень встановлений найбільш прийнятний інтервал зміни подачі насінневої суміші на робочий орган сепаратора: 150-180кг/год., при якому можливе одержання максимальної кількості насіння редиски з високими посівними якість. Для проведення оптимізації параметрів була прийнята подача, рівна 160кг/год.

Для проведення досліджень використовувалися насіння редиски, що пройшло обробку на технологічній лінії. Після процесу очищення насіння редиски на віброфрикційному сепараторі, з метою одержання порівняльної оцінки, проводилося визначення посівних якостей фракцій насіння (вміст насіння основної культури, схожість, енергія проростання, маса 1000 штук насінин) при установці на сепараторі значень випадкових і раціональних параметрів.

Умови кодування незалежних змінних і прийняті величини інтервалів варіювання наведені в таблиці 2.

Рівняння регресії має наступний вигляд:

$$Q_i = 92,145 + 0,159 \tilde{O}_1 + 1,851 \tilde{O}_2 - 0,785 \tilde{O}_3 - 1,456 \tilde{O}_4 + 1,453 \tilde{O}_5 - \\ - 1,753 \tilde{O}_1 \tilde{O}_2 - 1,287 \tilde{O}_1 \tilde{O}_3 - 1,951 \tilde{O}_1 \tilde{O}_4 + 1,098 \tilde{O}_1 \tilde{O}_5 + 0,875 \tilde{O}_2 \tilde{O}_3 - \\ - 1,941 X_2 X_4 + 1,247 X_2 X_5 - 0,879 X_3 X_4 - 0,617 X_3 X_5 + 1,873 X_4 X_5 - \\ - 2,654 \tilde{O}_1^2 + 1,255 \tilde{O}_2^2 - 1,163 \tilde{O}_3^2 - 2,994 \tilde{O}_4^2 + 1,751 \tilde{O}_5^2.$$

Після проведення оптимізації рівняння регресії отриманий раціональний набір параметрів роботи віброфрикційного сепаратора. Ці набори параметрів наведені в таблиці 3.

Таблиця 2 - Інтервали варіювання незалежних змінних

Змінні	A	ω	ϵ	α	β
Розмірність	мм	с ⁻¹	град	град	град
Умовні позначення	X1	X2	X3	X4	X5
Основний рівень 0	1,1	170	30	6,4	3,8
Верхній рівень +	1,2	190	31	8,2	4,3
Нижній рівень -	1,0	150	29	5,2	3,3

Аналіз даних таблиці показує, що при знайдених параметрах роботи сепаратора значення параметра оптимізації Q_0 більше на 0,36%, у порівнянні з випадковим набором параметрів, при яких параметр оптимізації отриманий максимальним.

Таблиця 3 - Раціональний набір параметрів віброфрикційного сепаратора для очищення насіння редиски

Параметр оптимізації	Значення параметра оптимізації	Значення параметрів									
		у кодових значеннях					у натуральних значеннях				
		X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	A, мм	ω , с ⁻¹	ϵ , град	α , град	β , град
Q ₀	94,1	0,864	0,957	-0,159	-0,581	0,269	1,0	175	29	7,1	3,1

Результати проведеної порівняльної оцінки якості очищення насіння редиски на віброфрикційному сепараторі при установці випадкових параметрів, при яких отримане максимальне значення параметра оптимізації і раціональних параметрів (табл.4) показують, що вихідна суміш по чистоті (89%) не

відповідала посівним кондиціям. Після очищення насіння при випадковому наборі параметрів отримано 83,4% насіння редиски першої-третьої репродукції. При установці на сепараторі раціональних параметрів отримано 93,9% насіння редиски, що відповідає кондиціям насіння першої-третьої репродукції.

Таблиця 4 - Результати сепарації насіння редиски на віброфрикційному сепараторі

Найменування показників	Вихідна суміш	Фракції насіння									
		випадкові параметри					раціональні параметри				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Розподілення насіння по фракціях, %	100	11,2	18,9	34,7	29,8	5,4	14,6	29,1	28,7	21,5	6,1
Схожість, %	71	72	82	84	82	46	88	89	84	84	39
Енергія проростання, %	68	67	79	80	78	40	85	84	81	78	32
Маса 1000 насінин, г	9,6	10,4	10,3	10,1	9,8	7,3	11,3	10,7	10,8	10,1	6,8
Чистота насіння, %	89	92	98	99	98	47	99	98	98	98	43

Висновки. 1.Післязбиральна обробка насіння овочевих культур, у тому числі насіння редиски, на зерноочисних машинах загального та спеціального призначення показали, що на робочих органах цих машин не завжди є можливість отримання насіння основної культури з високими посівними кондиціями, навіть при багаторазових пропусках вихідної суміші через робочі органи машин.

2.Запропонований спосіб очищення та сортування насіння на віброфрикційному сепараторі показав ефективність його застосування для підготовки високоякісного насіння редиски.

3.Аналіз результатів експериментальних досліджень показав, що при очищенні та сортуванні на віброфрикційному сепараторі насіння редиски, після їх післязбиральної обробки на зерноочисних машинах загального та спеціального призначення, є можливість із насінневої суміші виділити важковідокремлюване насіння бур'янів та домішки з одночасним відбором у відхід неповноцінного насіння основної культури (травмованого, щуплого, недорозвиненого та ін.).

4.Впровадження віброфрикційного сепаратора для очищення та сортування насінневих сумішей редиски дозволяє із некондиційного насінневого матеріалу отримати насіння, яке відповідає високим посівним кондиціям (до 90%), що в свою чергу дає можливість зменшити їх норму висіву та при цьому отримати більш високі та сталі врожаї.

5.Отримані експериментальним шляхом раціональні значення параметрів роботи віброфрикційного сепаратора знаходяться у діапазонах значень,

встановлених на підставі чисельних розрахунків.

Слід рекомендувати наступний набір параметрів при очищенні насіння редиски: $A=1,0\text{мм}$; $\omega=175\text{с}^{-1}$; $\varepsilon=29^\circ$; $\alpha=7,1^\circ$; $\beta=3,1^\circ$.

б. Використання віброфрикційного сепаратора, у порівнянні з іншими зерноочисними машинами, зменшує матеріалоемність, енергоємність і дає значний економічний ефект.

Список використаних джерел

1. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. Том 3, розділ 7. Очистка і сортування насіння. Х.: Око, 2006.-407с.
2. Заїка П.М., Мазнев Г.Е. Сепарация семян по комплексу физико-механических свойств. //М.: Колос, 1978.-287с.
3. Заїка П.М. Вибрационные семяочистительные машины и устройства. Учебное пособие. //М.: МИИСП, 1981.-141с.
4. Мельников В.С., Алешкин В.Р., Рошин А.М. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственного производства.-2-е изд. перераб. и доп. Л.: Колос, 1980.
5. Налимов В.В., Голикова Т.И. Логические основания планирования эксперимента. //М.: Механизация, 1981.-152с.
6. Державний стандарт України. Насіння сільськогосподарських культур Сортові та посівні якості Технічні умови ДСТУ 2240-93 Київ. 1994.-73с.
7. Національний стандарт України. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості. ДСТУ 4138-2002. Київ, 2003.-173с.

Аннотація

ОСОБЕННОСТИ ПОСЛЕУБОРОЧНОЙ ОБРОБОТКИ СЕМЯН РЕДИСКИ НА ВИБРОФРИКЦИОННОМУ СЕПАРАТОРЕ

Заїка П.М., Бакум Н.В., Михайлов А.Д., Козій О.Б., Козій Д.О.

Приведены результаты исследований очистки и сортирования семян редиски на виброфрикционном сепараторе. Определены рациональные параметры сепаратора при очистки семян редиски.

Abstract

FEATURES LAST CLEANINGSEED OF RADISH ON VIBROFRICTION SEPARATOR

Zaika P.M., Bakum M.V., Mihaylov A.D., Koziy O.B., Koziy D.O.

Приведены результаты исследований очистки и сортирования семян редиски на виброфрикционном сепараторе. Определены рациональные параметры сепаратора при очистки семян редиски.

ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РЕЖИМІВ ПНЕВМОСЕПАРАТОРА З ПИЛООСАДЖУВАЛЬНОЮ КАМЕРОЮ ПРИ СЕПАРАЦІЇ РУШАНКИ НАСІННЯ РИЦИНИ

Дідур В.А., академік АН ВШУ д.т.н. проф., Чебанов А.Б. інженер,
Таврійський державний агротехнологічний університет

Робота присвячена дослідженню процесу сепарації рушанки насіння рицини при умові забезпечення гранично допустимої концентрації токсичного пилу в робочій зоні.

Постановка проблеми. Одним з найважливіших недоліків для всіх способів розділення рушанки рицини є висока травмованість напівзруйнованої ядриці після обрушення насіння рицини внаслідок дотику з робочими поверхнями. Тому найбільш перспективний спосіб який забезпечить низьку травмованість ядриці є розділення суміші за аеродинамічними властивостями [1]. Але при розділенні рушанки рицини виділяється пил. Згідно [4] запиленість повітря обслуговуючої робочої зони не повинна перевищувати гранично допустиму концентрацію (ГДК). Обслуговуючою зоною вважають простір висотою до 2 м над рівнем підлоги або площадки, на якій знаходяться місця постійного або тимчасового перебування працюючого персоналу [5]. В повітрі робочої зони, окрім частинок пилу присутній алерген, який є дуже токсичним. Тому вдосконалення технологічної схеми пневмосепаратора рушанки рицини з пиловловлюючим пристроєм яка забезпечить якісне розділення рушанки та приведе запиленість повітря робочої зони до норми є дуже важливим завданням.

Аналіз останніх досліджень. Аналізом виробничого середовища підприємства, що перероблює насіння рицини, встановлено, що запиленість повітря робочої зони перевищує ПДК та становить $6,4 \text{ мг/м}^3$ [6].

Формування цілей статті.. Ціллю статті є визначення кута відкриття заслінки подачі повітря та кута відкриття заслінки подачі суміші, при яких буде досягатися найбільш якісна сепарація рушанки рицини та найменший викид пилу в повітря робочої зони.

Основна частина. Авторами розроблена технологічна схема та виготовлений лабораторний зразок пневмосепаратора для розділення компонентів рушанки рицини та забезпечення нормованої запиленості повітря робочої зони [1].

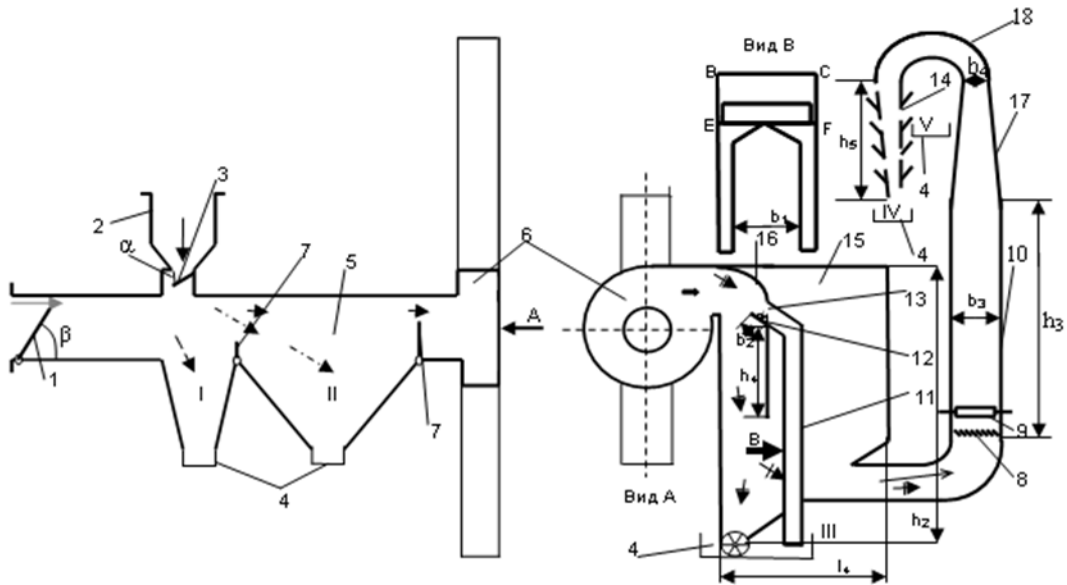


Рисунок 1 – Конструктивна схема пневмосепаратора рушанки рицини з пиловловлюючим пристроєм:

1- регулятор подачі повітря; 2 – завантажувальний бункер; 3 – регулятор подачі вихідної суміші; 4 – приймачі сортів I,II,III,IV; 5 – горизонтальний канал; 6 – вентилятор; 7 – перегородки; 8 – жалюзі нижні вертикального каналу; 9 – жалюзі верхні вертикального каналу; 10 – вертикальний канал; 11 – рукава відвідні; 12 – клапан додатковий; 13 – щілина поперечна; 14 – інерційний пиловловлювач; 15 – пилоосаджувальна камера; 16 – криволінійна перегородка; 17 – конфузур; 18 – фрагмент циклону; \longrightarrow – рух компонентів рушанки рицини; \dashrightarrow – рух ядриці та її січки; \dashrightarrow – рух лушпиння; \dashrightarrow – рух частинок дрібного лушпиння та пилу; \longrightarrow – рух повітряного потоку; l_4, h_2 – відповідно довжина та висота пилоосаджувальної камери, мм; h_4 – висота перегородки в пилоосаджувальній камері, мм; b_1 – ширина між відвідними рукавами, мм; b_2 – ширина додаткового клапану, мм; h_3 – висота вертикального каналу, мм; b_3 – ширина вертикального каналу, мм; b_4 – ширина в кінці конфузору, мм; h_5 – висота інерційного жалюзійного пиловловлювача, мм; β – кут відкриття заслінки подачі повітря, град; α – кут відкриття заслінки подачі суміші, град.

Формальний набір критеріїв для визначення оптимальних рівнів розподілу рушанки згідно рис. 1 можна здійснити за допомогою сукупності формул (1-4). Як бачимо під час сепарації суміші рицини доцільним є забезпечення максимально можливого вмісту ядриці у першому приймачеві. Окрім того, засміченість вихідної суміші у першому приймачеві не повинна перевищувати заданих припустимих значень. Смітною домішкою є лушпиння, яке в основному потрапляє до приймача II. Третім критерієм є забезпечення максимально можливої кількості пилу та дрібного лушпиння, що виділяється в приймачі III і IV, тобто бажано, щоб у приймачах III і IV виділявся весь пил, який продукується у сепараторі. Четвертим критерієм є дотримання припустимої кількості пилу у приймачі V.

$$\mu_{k,1} \rightarrow \max, \quad (1)$$

$$\eta_{d,1} < \eta_{d,1,зд}, \quad (2)$$

$$\eta_{(n+\partial),(3+4)} \rightarrow \max, \quad (3)$$

$$\mu_{n,5} < \mu_{n,5,\partial} \quad (4)$$

де $\mu_{k,1}$ - відносна кількість культури у першому приймачеві;
 $\eta_{\partial,1}$ - засміченість вихідної суміші у першому приймачеві;
 $\eta_{\partial,1,\partial}$ - задана засміченість суміші у першому приймачеві;
 $\eta_{(n+\partial),(3+4)}$ - відносна кількість пилу і домішок у приймачах 3 і 4;
 $\mu_{n,5}$ - відносна кількість пилу у приймачі 5;
 $\mu_{n,5,\partial}$ - задана відносна кількість пилу у приймачі V.

Ці критерії треба задовольнити перш за все тому, що критичні швидкості витання компонентів рушанки переважаються (рис 2), (мінімальне значення швидкості витання ядриці переважається з максимальним значенням швидкості витання лушпиння), тобто існує відсоток суміші, яка є не роздільною. Згідно цього графіку, якщо ядриця буде не подрібнена, тобто має більший розмір, розділення суміші буде більш якісне. В зв'язку з тим, що після обрушення насіння рицини отримується вже напівзруйнована ядриця і при найменшому зусиллі вона подрібнюється, то спосіб розділення суміші за аеродинамічними властивостями, який запобігає дотику з робочими поверхнями, був підібраний вірно.

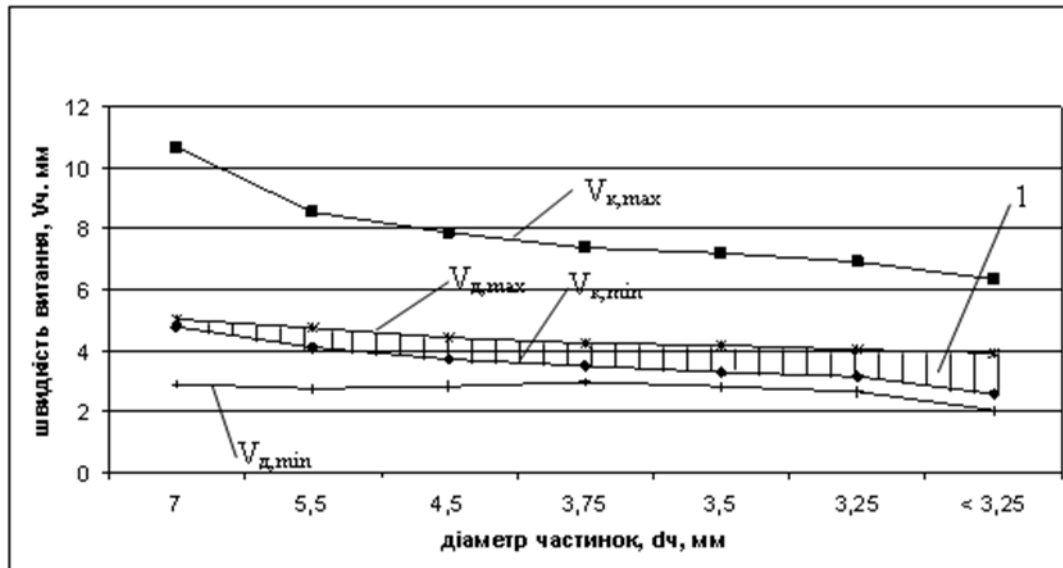


Рисунок 2 – Швидкість витання компонентів рушанки:

$V_{к,макс}$ – максимальна швидкість витання ядриці; $V_{к,мін}$ – мінімальна швидкість витання ядриці; $V_{д,макс}$ – максимальна швидкість витання лушпиння; $V_{д,мін}$ – мінімальна швидкість витання лушпиння; 1 – зона перемижження.

Для дослідження критеріїв розподілу рушанки необхідно визначити швидкість повітря у горизонтальному каналі. При цьому ми намагалися отримати епюру швидкості повітря так щоб швидкість повітря була більшою у

верхній частині каналу [2]. Управління епюрою можливо при зміні кута відкриття заслінки повітря β . Під час спостережень було з'ясовано, що помітна зміна швидкості відбувається в діапазоні $\beta = 40^\circ - 60^\circ$. (рис.3, 4, 5)

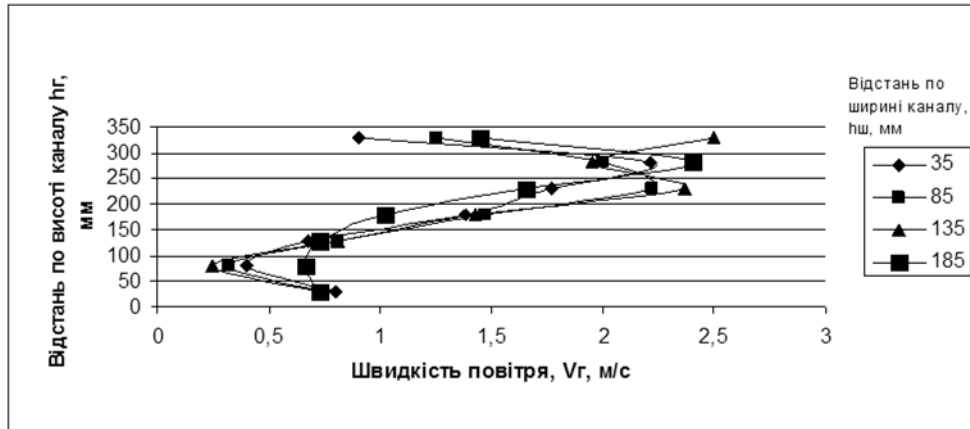


Рис. 3 – Епюра швидкості повітря горизонтального каналу при $\beta = 40^\circ$.

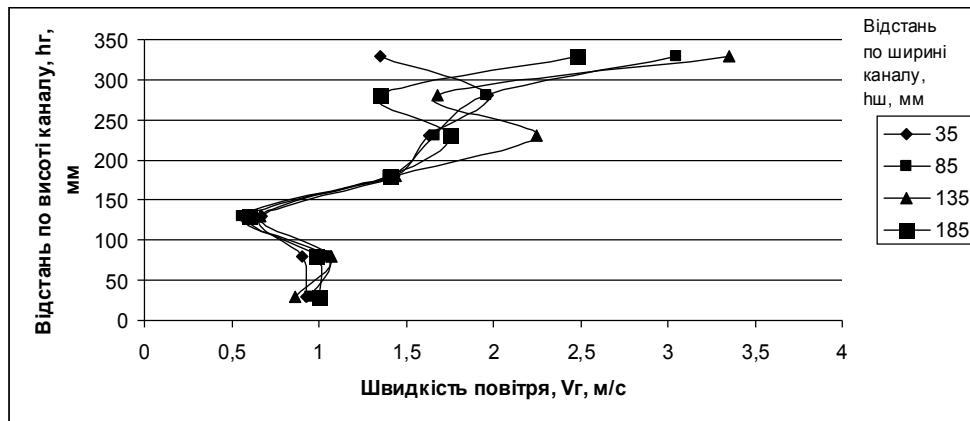


Рис. 4 – Епюра швидкості повітря горизонтального каналу при $\beta = 50^\circ$.

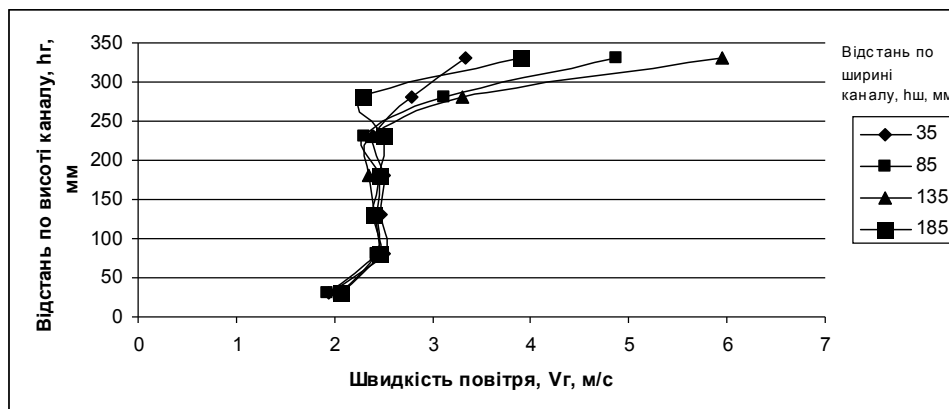


Рис. 5 – Епюра швидкості повітря горизонтального каналу при $\beta = 60^\circ$.

З наведених графіків бачимо що при відкритті кута заслінки подачі повітря $\beta=60^\circ$, швидкість повітря збільшується однаково від нижньої частини горизонтального каналу до верхньої по всьому перетину цього каналу.

Для визначення критеріїв (1-4) необхідно мати характеристики ефективності технологічного процесу, а саме:

Відносна кількість ядриці у першому приймачеві визначається за такою формулою

$$\mu_{k,1} = \frac{m_{k,1}}{m_{k,0}} \quad (5)$$

де $m_{k,1}$ - маса ядриці у першому приймачеві, гр;

$m_{k,0}$ - маса ядриці у вихідній суміші, гр.

Засміченість у першому приймачеві визначається за формулою

$$\eta_{\partial,1} = \frac{m_{\partial,1}}{m_{k,1} + m_{\partial,1}}, \quad (6)$$

де $m_{\partial,1}$ - маса лушпиння у першому приймачеві, гр.

Засміченість у третьому та четвертому приймачеві визначається за формулою

$$\eta_{(n+\partial),(3+4)} = \frac{m_{(n+\partial),(3+4)}}{m_{k,(3+4)} + m_{(n+\partial),(3+4)}} \quad (7)$$

де $m_{(n+\partial),(3+4)}$ - маса пилу та лушпиння у третьому та четвертому приймачеві, гр..

$m_{k,(3+4)}$ - маса ядриці у третьому та четвертому приймачеві, гр..

Відносна кількість пилу у п'ятому приймачеві визначається за формулою

$$\mu_{n,5} = \frac{m_{n,5}}{m_{k,0}}, \quad (8)$$

де $m_{n,5}$ - маса пилу у п'ятому приймачеві, гр

Характеристики ефективності досліджувалися при зміні двох параметрів , а саме : β – кут відкриття заслінки подачі повітря, °; α - кут відкриття заслінки подачі суміші, °. Результати цих досліджень наведені в таблиці 1

Аналіз цих досліджень характеристик ефективності технологічного процесу сепарації рушанки рицини дозволив установити, що при куті відкриття заслінки подачі повітря $\beta = 60^\circ$ та куті відкриття заслінки подачі суміші $\alpha = 25^\circ$ критерії задовольняються найбільше.

Контроль запиленості повітря в робочій зоні, тобто розрахунок останньої колонки таблиці 1, проводиться за допомогою вагового методу [3]. Концентрація пилу рицини в повітрі при застосуванні тільки пилоосаджувальної камери складає 17 мг/м^3 . При застосуванні додатково вертикального каналу та інерційного пиловловлювача – 2 мг/м^3 . Останній показник є меншим за ГДК пилу соняшника. Але ще не досліджувалася швидкість повітря у вертикальному каналі 10. Тобто можливо ще знизити концентрацію пилу рицини в повітря робочої зони.

Таблиця 1. – Результати досліджень по визначенню характеристик ефективності технологічного процесу сепарації рушанки рицини

β , град	α , град	$m_{к1}$, гр	$m_{к2}$, гр	$m_{д1}$, гр	$m_{д2}$, гр	$m_{к3}$, гр	$m_{(д+п)3}$, гр	$m_{(д+п)4}$, гр	$m_{п5}$, гр	$\mu_{к1}$	$\eta_{д1}$	$\mu_{(д+п),(3+4)}$	$\mu_{п5}$
60	25	368,1	13,4	42,9	72,6	0,03	2,27	0,55	0,15	0,96	0,10	0,02	0,0013
60	20	363,6	12,7	41,7	78,1	0,03	3,19	0,5	0,18	0,95	0,10	0,03	0,0015
60	15	365,2	12,2	41,6	77,1	0,02	3,13	0,55	0,2	0,96	0,10	0,03	0,0017
50	25	349,4	34,7	33,9	77,3	0,04	3,87	0,6	0,19	0,92	0,09	0,04	0,0016
50	20	346,8	16,9	36,3	92	0,02	6,98	0,75	0,25	0,91	0,09	0,07	0,0021
50	15	343,7	28,1	32,3	87,5	0,05	7,35	0,75	0,25	0,90	0,09	0,07	0,0021
40	25	331	42,4	41,5	74,3	0,05	9,41	1,1	0,24	0,87	0,11	0,09	0,0020
40	20	346,6	33,4	41,4	68,9	0,05	8,57	0,8	0,28	0,91	0,11	0,08	0,0024
40	15	346,2	37,1	37,7	67,5	0,07	10,08	1	0,35	0,91	0,10	0,09	0,0030

Висновки. Дослідженнями встановлено, що при куті відкриття заслінки подачі повітря $\beta = 60^\circ$ та куті відкриття заслінки подачі суміші $\alpha = 25^\circ$, досягається найбільш якісна сепарація рушанки рицини ($\mu_{к1}=0,96$; $\eta_{д1}=0,10$) та найменший викид пилу в повітря робочої зони ($\mu_{п5}=0,0013$).

Список використаних джерел

1. Дідур В.А. Оптимізація параметрів пневмосепаратора для сепарації рушанки рицини / В.А. Дідур, А.Б. Чебанов // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь, 2010. – Вип. 10, том 8. – С. 70 – 77.
2. Абдуев М.М. Обгрунтування параметрів сепаратора з нахиленим повітряним каналом для розділення зернових сумішей: автореф. дис... канд. техн. наук: 05.05.11 / М.М. Абдуев; ХНТУСГ ім. П. Василенко. - Харків, 2007.- 21 с.
3. Дідур В.А. Методика визначення концентрації пилу в повітрі робочої зони при обрушенні насіння рицини / В.А. Дідур, А.Б. Чебанов // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь, 2009. – Вип. 1, том 2. – С. 169 – 175.
4. ГН 2.1.6.695-98. Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населённых мест. – Введён 29.04.1998. – М: Минздрав России, 1998. – 70 с.
5. СН 245 –71. Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий. – Введен 01.04.1972. – М.: Стройиздат, 1972. – 97с.
6. Розробка технології, експериментального устаткування технологічної лінії по глибокій переробці насіння рицини в касторову олію для виробництва мастил для сільськогосподарської техніки: звіт про НДР / ТДАУ; кер. В.А.Дідур; викон. А.Б. Чебанов, [та ін.]. – Мелітополь, 2005. – 99с.

Аннотация

ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ПНЕВМОСЕПАРАТОРА С ПЫЛЕОСАДИТЕЛЬНОЙ КАМЕРОЙ ПРИ СЕПАРАЦИИ РУШАНКИ СЕМЯН КЛЕЩЕВИНЫ

В.А.Дидур, А.Б.Чебанов.

Работа посвящена исследованию процесса сепарации рушанки семян клещевины при условии обеспечения предельно допустимой концентрации токсичной пыли в рабочей зоне.

Abstract

GROUND OF TECHNOLOGICAL MODES OF AIR SEPARATION WITH CHAMBER FOR SETTLING DUST DURING SEPARATION OF SEED OF CASTOR OIL

V. Didur, A. Chebanov

Work is devoted research of process of separation seed of castor oil on condition of providing maximum of possible concentration of toxic dust in a working area.

УДК 631.61:631.518

ВПЛИВ МЕЛІОРАТИВНОЇ ПЛАНТАЖНОЇ ОРАНКИ НА УРОЖАЙНІСТЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР НА СОЛОНЦЕВИХ ҐРУНТАХ СУХОГО СТЕПУ УКРАЇНИ

Н.Ю.Гаврилович, О.М.Дрозд

Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. Петра Василенка, Національний науковий центр „Інститут ґрунтознавства і агрохімії імені О.Н.Соколовського”

Установлено, що одноразове проведення меліоративної плантажної оранки забезпечує позитивну післядію протягом 50 років і припинення її позитивної післядії не відмічено. Результатом післядії меліоративної плантажної оранки є утворення високопродуктивних, екологічно стійких агроперетворених ґрунтів, що забезпечують стабільні прибавки урожаїв сільськогосподарських культур протягом тривалого періоду післядії.

Урожайність сільськогосподарських культур прийнято вважати одним з основних показників рівня родючості ґрунтів і умов ведення сільськогосподарського виробництва. Величина врожаю будь-яких сільськогосподарських культур залежить від ряду чинників, як то властивості ґрунту, кліматичні умови попереднього і поточного року, рельєф місцевості і цілого комплексу агротехнічних чинників (культури-попередники, обробіток

грунту, добрива, якість насіння, сорт рослин і т.і.) [11].

За даними Державного земельного кадастру, в Україні нараховується 2,8 млн. га солонцевих ґрунтів, 2 млн. га з яких використовуються в ріллі [1]. За звичайної системи землеробства солонцеві ґрунти малопродуктивні і їх використання у ріллі часто виявляється економічно недоцільним. Солонці не утворюють суцільних масивів, а залягають окремими плямами різної площі та конфігурації серед зональних ґрунтів, утворюючи комплекси і сполучення з різною часткою вмісту, що різко знижує продуктивність усього агроландшафту. Головними чинниками, що лімітують їх родючість, є несприятливі для культурних рослин хімічні, фізико-хімічні і водно-фізичні властивості, що обумовлені спрямованістю солонцевого процесу. У вологому стані солонцевий горизонт високопластичний, в'язкий, липкий, сильно набрякає, характеризується тиксотропністю ґрунтової маси, легко пептизується. Солонцевому горизонту притаманна низька пористість аерації і низький повітрообмін, що може викликати кисневе голодування рослин. При висиханні солонцевого горизонту відбувається стискання ґрунтової маси, що призводить до деформації або до розриву кореневої системи рослин, з'являється тріщинуватість і брилистість ґрунтів, які особливо помітні у ріллі. При висиханні твердість солонцевого горизонту зростає, що збільшує опір ґрунтів при обробітку [8,9,11]. Солонцеві ґрунти відрізняються низькою водопроникненістю. Це стримує засвоєння вологи, а більша частина опадів, що випали, стікає по поверхні. Тому загальний запас вологи в солонцях завжди нижчий, ніж у поруч розташованих зональних ґрунтах. Навесні фізична стиглість ґрунту на плямах надто коротка за строком, настає нерівномірно та пізніше, що призводить до втрат вологи як на них, так і на зональних ґрунтах. Бонітети чорноземів та солонців відрізняються в 4 рази, для озимої пшениці вони складають відповідно 79 і 22 бали. У посушливі роки врожайність сільськогосподарських культур на солонцях знижується до нуля. Тому економічно доцільним є використання солонцевих ґрунтів лише при проведенні заходів з їх окультурення та відтворення родючості. Багаторічними дослідженнями встановлено, що найбільш ефективним заходом окультурювання солонцевих ґрунтів у посушливих умовах Степу є меліоративна плантажна оранка [2,3,4,5,7,8,9,10,11]. З 1955 року цей меліоративний захід набув широкого впровадження у практику сільськогосподарського виробництва, і на теперішній час площа меліорованих таким чином ґрунтів становить 220 тис. га. Однак, на цей час не достатньо вивченим є питання тривалості післядії меліоративної плантажної оранки та її впливу на продуктивність вирощуваних культур.

Мета досліджень встановити тривалість післядії меліоративної плантажної оранки, показавши її вплив урожайність сільськогосподарських культур у зрошуваних та незрошуваних умовах.

Дослідження проводили у зоні Сухого Степу України на ключових ділянках трьох тривалих задокументованих стаціонарів - дослід С.П. Семенової-Забродіної (незрошувані умови, меліоративну плантажну оранку проведено у 1954 році), дослід ННЦ ІГА (зрошення водами першого класу,

меліоративну плантажну оранку проведено у 1965 році), дослід Ю.Є. Кізякова (меліоративну плантажну оранку проведено у 1973 році, 8 річна післядія зрошення слабо мінералізованими водами) та двох ділянок виробничого впровадження меліоративної плантажної оранки, закладених Кримською філією ґрунтового інституту АН СРСР у 1955 році. Ґрунтовий покрив представлено каштановими солонцюватими ґрунтами у комплексі з солонцями каштановими (>20%) та темно-каштановими слабосолонцюватими ґрунтами. Досліджувані варіанти - контроль (щорічний обробіток на глибину 25-27 см у залежності від вирощуваних культур); оранка плантажним плугом ПП-50 з повним обертанням скиби на глибину 55-60 см у рік закладання дослідів та щорічний обробіток на 26-28 см, в залежності від вирощуваних культур у наступні роки.

Облік урожаїв сільськогосподарських культур в польових дослідах роках проводили методом відбору пробного снопа у п'ятикратній повторності [6]. Отримані дані обробляли за допомогою дисперсійного аналізу.

Застосування різних меліоративних заходів спрямовані перш за все на отримання додаткової продукції, а отже, рівень врожаїв основних сільськогосподарських культур є головним критерієм визначення позитивних виробничих якостей ґрунтів для їх оцінки.

Покращання основних властивостей солонцевих ґрунтів під впливом меліоративної плантажної оранки сприяє збільшенню врожайності сільськогосподарських культур [8,9,10,11]. Дослідження показують [10], що вже в перший рік після проведення цього меліоративного заходу на плантажованих ділянках солонців каштанових у незрошуваних умовах схожість і розвиток рослин були кращими, порівняно з неплантажованими аналогами. При врахуванні урожаю за варіантами біло виявлено, що ґрунти не тільки не втрачають родючість відразу після плантажування, а навіть збільшують її за рахунок покращання повітряного режиму, збільшення продуктивної вологи та активізації мікробіологічної діяльності у меліорованому шарі. Як наслідок, врожай вирощуваних сільськогосподарських культур на плантажованому варіанті був вищим, порівняно з контролем. Подібна тенденція спостерігалася і у наступні роки післядії, навіть за умов несприятливих (посушливих) погодних умов.

Аналіз досліджень посвідчує про те, що характер післядії меліоративної плантажної оранки на врожайність вирощуваних культур, незважаючи на розбіжності, обумовлені погодними умовами років дослідження та різними культурами в сівозміні, відрізняються однією загальною та чітко вираженою особливістю – стійкою тривалістю позитивного впливу на продуктивність. Прибавка врожаїв зернових культур на солонцях каштанових плантажованих достовірно збільшувалася з кожним наступним роком післядії [4,5].

На 50 рік післядії (рис. 1) меліоративна плантажна оранка зберігає позитивний вплив на урожайність сільськогосподарських культур. Так, врожайність на плантажованих ділянках, як і в перші 10-15 років, була вищою в порівнянні з контрольними варіантами. Приріст врожаю зерна озимої пшениці на плантажованих ґрунтах складає 20-25 %. На неплантажованому варіанті

спостерігалася більша забур'яненість та менша схожість культур, що вплинуло на величину врожаю.

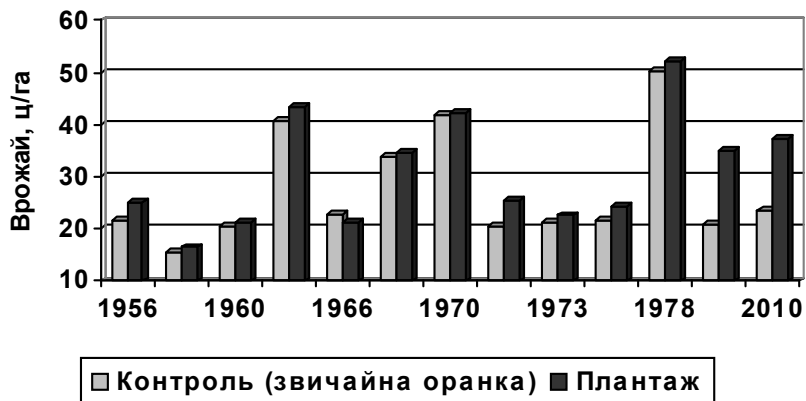


Рис. 1. Вплив меліоративної плантажної оранки на урожайність сільськогосподарських культур на солонцях каштанових у незрошуваних умовах

В умовах Сухого Степу України фактором, нестачу якого майже постійно відчувають культурні рослини, є волога. Отже, зрошення (тобто усунення дефіциту вологи) стає в цих умовах одним з потужних меліоративних засобів, що при оптимальному застосуванні здатний істотно підвищити урожайність вирощуваних сільськогосподарських культур.

Вже в перший рік після початку зрошення темно-каштанових слабо солонцюватих ґрунтів водами першого класу було статистично доведено переваги меліоративної плантажної оранки [8]. Аналіз урожайних даних у наступні роки показує, що у зрошуваних умовах прибавка врожаїв сільськогосподарських культур протягом усього періоду післядії меліоративної плантажної оранки достовірно була значно вищою порівняно з незрошуваними умовами [9]. Проведеними дослідженнями встановлено, що на 40 рік післядії меліоративної плантажної оранки в умовах інтенсивного зрошення водами першого класу приріст врожаю зерна озимого ячменю на плантажованих темно-каштанових солонцюватих ґрунтах становить, 40-50 % (рис. 2).

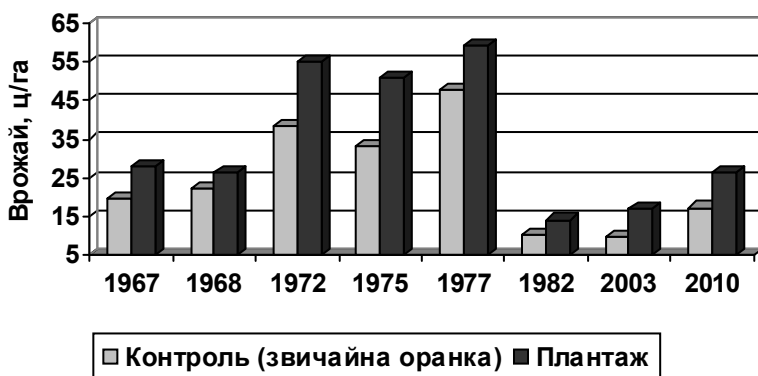


Рис. 2 Вплив меліоративної плантажної оранки на урожайність зернових культур на темно-каштанових слабосолонцюватих ґрунтах в умовах зрошення водами першого класу

При зрошенні мінералізованими водами ефективність плантажної оранки виявилася дещо нижчою [7]. У перші три роки прирости врожаїв озимої пшениці були відсутні, очевидно, через збіднення орного шару на органічну речовину, пов'язані з нею рухомі форми поживних елементів та прояв в таких умовах токсичного впливу натрію зрошувальних вод на розвиток рослин. Вирівнювання цих показників у наступні роки а також покращені агрофізичні властивості ґрунтів плантажованого варіанту обумовили прибавку на рівні 3,3-5,9 %. Проведеними дослідженнями встановлено, що на 30-й рік післядії меліоративної плантажної оранки та на 5 рік вилучення ґрунтів зі зрошення на урожайність вирощуваної озимої пшениці була гіршою, порівняно з іншими дослідями. Однак, порівняно з контролем, урожайність була вищою і прибавка становила 10-12%.

Експериментальні дослідження щодо високої ефективності меліоративної плантажної оранки підтверджуються і у виробничих умовах, де прибавки врожаїв основних сільськогосподарських культур на 50 рік післядії складають 25-30 %. Розрахунки показують, що витрати на плантажну оранку окупаються вже у перші роки після її проведення.

Висновки. Дослідженнями встановлено, що одноразове проведення меліоративної плантажної оранки забезпечує позитивну післядію протягом 50 років і припинення її позитивної післядії не відмічено. Результатом післядії меліоративної плантажної оранки є утворення високопродуктивних, екологічно стійких агроперетворених ґрунтів, що не мають аналогів у природі за своїми властивостями і здатні забезпечити приріст врожаю основних сільськогосподарських культур у агрокліматичних умовах Степової зони в умовах зрошення на рівні 40-50 %, в незрошуваних умовах – 25-30 %(на 50 рік післядії заходу).

Список використаних джерел

1. Державний земельний кадастр України . – Книга 2. – Київ, 1996. – 189 с.
2. Балюк С.А. Використання солонцевих ґрунтів України / С.А Балюк, Г.В. Новікова, Н.Ю. Гаврилович // Вісник аграрної науки. – 2001. – № 10. – С. 12-15.
3. Гаврилович Н.Ю. Про тривалість впливу меліоративної плантажної оранки на властивості та продуктивність солонцевих ґрунтів півдня України / Н.Ю. Гаврилович, О.М.Дрозд // Агрохімія і ґрунтознавство. Спец. вип. до 6 з'їзду УТГА. – Харків, 2006. - Кн.3. – С.203-204.
4. Гаврилович Н.Ю.Сучасна еволюція солонцевих ґрунтів півдня України під впливом плантажної оранки / Н.Ю. Гаврилович, О.М.Дрозд // Вісник ХНАУ ім. В.В.Докучаєва. – 2006. – №7. – С.104-106
5. Дрозд О.М. Агроперетворені ґрунти солонцевих комплексів Сухого Степу України : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук за спеціальністю 06.01.03 «Агроґрунтознавство і агрофізика» / О.М.Дрозд. – Харків, 2009. – 20 с.
6. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта / Б.А.Доспехов. – М.:

- Агропромиздат, 1985. – 351 с.
7. Кизяков Ю.Е. Изменение почв зоны сухих степей Украинской ССР при длительном воздействии мелиораций: автореф дис. на соискание уч. степ. д-ра с.-х. наук: спец. 06-01-03 «Почвоведение» / Ю.Е. Кизяков. – М., 1987. – 48 с
 8. Новикова А.В. История почвенно-мелиоративных и экологических исследований засоленных и солонцовых земель Украины (1890-1996 гг.) / Новикова А.В. – К., 1999. – 144 с.
 9. Окультуривание солонцовых почв / [авт. текста А.В. Новикова] – К.: Урожай, 1984. – 176 с.
 10. Семенова-Забродина С.П. Опыт окультуривания солонцов и солонцеватых почв юга Украины путем мелиоративной вспашки в богарных условиях // Вопросы повышения плодородия солонцовых почв / С.П.Семенова-Забродина. – К.: Изд-во АН УССР, 1954. – С.95-114.
 11. Цюрупа И.Г. Научные основы и опыт мелиорации солонцов // Итоги науки и техники (серия почвоведение и агрохимия) / И.Г.Цюрупа, И.Н.Любимова. – Москва, 1983. – Том 4. – 260 с.

Аннотация

ВЛИЯНИЕ МЕЛИОРАТИВНОЙ ПЛАНТАЖНОЙ ВСПАШКИ НА УРОЖАЙНОСТЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР НА СОЛОНЦОВЫХ ПОЧВАХ СУХОЙ СТЕПИ УКРАИНЫ.

Н.Е. Гаврилович, Е.Н.Дрозд

Установлено, что однократное проведение мелиоративной плантажной вспашки обеспечивает положительное последствие на протяжении 50 лет и прекращения положительного последствия не отмечено. Результатом последствия мелиоративной плантажной вспашки является формирование высокопродуктивных, экологически устойчивых агропреобразованных почв, которые обеспечивают стабильные прибавки урожаев сельскохозяйственных культур на протяжении длительного периода последствия.

Abstract

THE EFFECT OF MELIORATIVE DEEP PLOWING ON AGRICULTURAL CROPS PRODUCTIVITY AT SOLONETZIK SOILS THE DRY-STEPPE ZONE OF UKRAINE.

N.U. Gavrilovich, O.M. Drozd

It is revealed, that ones proved meliorative deep plowing, makes positive effects throughout 50 years and its positive effect termination till this time is note. The result of long effect deep plowing are formations high-efficiency, ecologically proof agrotransformed soils which provide high productivity of agricultural crops in Dry-Steppe zone of Ukraine

КРАПЛИННЕ ЗРОШЕННЯ ЯК ЧИННИК ВПЛИВУ НА АГРОФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ЧОРНОЗЕМУ ОПІДЗОЛЕНОГО ТА ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ КОНТУРІВ ЗВОЛОЖЕННЯ

Ю.О. Афанасьєв

*Національний науковий центр „Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені
О.Н. Соколовського”*

Обґрунтовано закономірності перебігу змін агрофізичних властивостей та водного режиму чорнозему опідзоленого за краплинного зрошення та різних способів удобрення в овочевій сівозміні на прикладі Харківського стаціонарного досліді інституту овочівництва і баштанництва НААН.

Структурно-агрегатний склад, щільність складення та інші агрофізичні властивості ґрунтів є одним з ключових факторів впливу на водно-повітряний режим, умови обробітку ґрунтів, родючість сільськогосподарських культур. У ґрунтах Чорноземної зони провідну роль у формуванні сприятливих агрофізичних властивостей відіграє такий природний фактор ґрунтоутворення як потужний розвиток трав'янистої рослинності, що значною мірою зумовлює високий вміст гумусу, суттєву мікробіологічну активність, і, як наслідок, сприятливий агрофізичний стан.

Серед низки меліоративних заходів зрошення є одним з найсуттєвіших факторів впливу на агрофізичні властивості ґрунтів. Проте, при застосуванні краплинного зрошення зміни агрофізичного стану порівняно з іншими способами зрошення мають своєрідний характер, що зумовлено чергуванням зон впливу крапельниць та незрошуваних ділянок ґрунту. В наукових джерелах немає одностайної думки щодо напрямку та інтенсивності змін агрофізичних властивостей за краплинного зрошення. Одні автори [1, 2] вважають, що краплинне зрошення не призводить до суттєвого погіршення структурно-агрегатного стану ґрунтів та збільшення щільності складення як у зоні зволоження, так і за її межами, в інших публікаціях [3, 4] відзначається, що такі зміни все ж можливі незалежно від способів поливу та зрошувальних норм.

Об'єкти, методи та умови досліджень. Дослідження виконувались на Харківському стаціонарному досліді інституту овочівництва та баштанництва УААН у 2004-2010 роках. Схема досліді передбачає три режими краплинного зрошення з підтримкою вологості ґрунту на рівні 90-85% НВ, 80-75% НВ, 70-65% НВ в поєднанні з удобренням врозкид, локально та без удобрення порівняно з богарними ґрунтами. Відбір ґрунтових зразків для визначення агрофізичних властивостей проводився у 2 строки на стаціонарних майданчиках: до висіву овочевих культур і початку поливів та в післявегетаційний період одразу після збирання врожаю згідно з загальними вимогами щодо відбору зразків ґрунту. При цьому нами було вдосконалено загальноприйнятту схему відбору, що дало змогу враховувати просторові зміни

агрофізичних властивостей ґрунтів за краплинного зрошення. Для визначення структурно-агрегатного стану – зона стрічки, рядку культур та незрошеного міжряддя за глибинами 0-15 см, 15-30 см, 30-45 см. Для визначення щільності складення - зона стрічки, рядку культур, межі контуру зволоження та незрошеного міжряддя за глибинами 0-10 см, 10-20 см, 20-30 см, 30-40 см. Аналітичні дослідження проведено за стандартними атестованими методиками.

Об'єктами досліджень є чорнозем опідзолений лучнуватий середньосуглинковий, зрошувальні та підґрунтові води, овочеві культури. Ґрунт дослідної ділянки є незасоленим, несолонцюватим, малоґумусним. Загальний вміст водорозчинних солей у верхньому півметровому шарі становить 0,05-0,08%, токсичних солей – 0,02-0,05%, рН водний – 6,8-7,5, сума увібраних катіонів – 20-25 мекв/100 г ґрунту, вміст $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ від суми – 2,5-3,5%, рівноважна щільність будови орного шару – 1,3-1,35 г/см³, НВ – 23-25%. Використана прісна поливна вода з р. Мжа є придатною для зрошення (1 клас) за агрономічними та екологічними критеріями.

Результати досліджень. Згідно з даними наведеними в таблиці 1, під впливом зрошення способом дощування вміст агрономічно-цінних повітряно-сухих агрегатів розміром 0,25 – 10 мм і 1 – 3 мм у шарі ґрунту 0 – 15 см суттєво зменшувався порівняно з незрошуваним контролем (зниження коефіцієнта структурності K_c на 0,9). Поєднання краплинного зрошення та варіанту без добрив, навпаки, поліпшувало цей показник, але тільки в зоні поливної стрічки, тобто в місці безпосереднього контакту води з ґрунтом (зростання K_c на 1,6 порівняно з незрошуваним контролем). У рядку культур це поліпшення було незначним (зростання K_c на 0,3), а в міжрядді кількість агрономічно цінних агрегатів була такою самою, як і при дощуванні, що було спричинене, вірогідно, впливом проходів с.-г. техніки. За вмістом повітряно - сухих агрегатів розміром 0,25 – 10 мм досліджуваний ґрунт був не деградованим на незрошуваному контролі, у зонах стрічки й рядку культур краплинного зрошення, зазнав слабого ступеня деградації при дощуванні та в міжряддях краплинного зрошення (табл. 1).

Водостійкість агрегатів по варіантах досліді в цьому шарі істотно не відрізнялась (коливання коефіцієнта водостійкості (K_v) у межах 0,09 – 0,11).

У нижній частині орного шару (15 – 30 см) закономірності змін структурного стану досліджуваного ґрунту були аналогічними шару 0 – 15 см; тільки в міжрядді краплинного зрошення ґрунт досяг середнього ступеня деградованості за вмістом агрегатів 0,25 – 10 мм і коефіцієнт водостійкості у зоні стрічки зріс до 0,14 (більше на 0,05 порівняно з дощуванням і на 0,03 порівняно з незрошуваним контролем).

У підорному шарі (30 – 45 см) названі тенденції збереглися, тільки різниця між варіантами зменшилась, що пояснюється послабленням впливу поливів; кількість агрегатів розміром 0,25 – 10 мм і коефіцієнт структурності на варіантах без зрошення, дощування та краплинного зрошення були близькими (на межі градацій недеградованого ґрунту й слабого ступеня деградованості). Коефіцієнт водостійкості у цьому шарі дещо зріс у середньому по всіх варіантах досліді (до 0,11 – 0,14).

Таблиця 1 - Структурно – агрегатний склад чорнозему опідзоленого лучнуватого (поле 3, капуста білоголова, NPK локально)

Варіант дослідю	Глибина, см	Вміст агрономічно цінних повітряно-сухих агрегатів розміром, мм, %		Коефіцієнт структурності К _с	Коефіцієнт водостійкості К _в
		0,25 - 10	1 - 3		
1	2	3	4	5	6
Без зрошення	0-15	72,56	25,27	2,64	0,10
Дощування		63,10	20,48	1,71	0,09
Краплинне, стрічка		80,26	33,96	4,25	0,10
Краплинне, рядок		74,21	28,08	2,98	0,11
Краплинне, міжряддя		64,88	24,28	1,93	0,10
Без зрошення	15-30	72,45	22,67	2,64	0,11
Дощування		62,56	21,29	1,67	0,09
Краплинне, стрічка		78,65	26,86	3,91	0,14
Краплинне, рядок		79,20	29,05	3,92	0,12
Краплинне, міжряддя		54,57	13,91	1,22	0,10
Без зрошення	30-45	72,14	20,85	2,66	0,14
Дощування		68,13	18,66	2,16	0,12
Краплинне, стрічка		75,48	25,49	3,17	0,12
Краплинне, рядок		70,81	21,69	2,53	0,12
Краплинне, міжряддя		69,42	23,03	2,28	0,11

Закономірності профільних змін показників структурно-агрегатного стану даного ґрунту представлено в таблиці 2.

Таблиця 2 - Закономірності профільних змін показників структурно-агрегатного стану чорнозему опідзоленого (поле 2, культура – цибуля ріпчаста)

Варіант дослідю	Закономірності профільних змін показників САС		
	Вміст повітряно-сухих агрегатів розміром 0,25-10 мм	Вміст повітряно-сухих агрегатів розміром 1-3 мм	Коефіцієнт водостійкості, К _в
Без зрошення	Без змін	Зменшення з глибиною	Збільшення в шарі 30-45 см
Дощування	Збільшення в шарі 30-45 см	Зменшення в шарі 30-45 см	Збільшення в шарі 30-45 см
Краплинне, стрічка	Зменшення в шарі 30-45 см	Зменшення з глибиною	Збільшення в шарі 15-30 см
Краплинне, рядок	Збільшення в шарі 30-45 см	Зменшення в шарі 30-45 см	Без змін
Краплинне, міжряддя	Збільшення в шарі 30-45 см	Зменшення в шарі 15-30 см	Без змін

Щільність складення в шарі 0-10 см на варіантах дощування та варіантах без зрошення навесні знаходиться на рівні 1,22 – 1,24 г/см², в зоні стрічки, рядку культур та в незрошуваному міжрядді за краплинного зрошення цей показник знаходиться в аналогічних межах. При визначенні даного показника восени виявлено, що на варіантах із застосуванням дощування спостерігається

підвищення щільності складення до 1,32-1,34 г/см², на варіантах без зрошення – до 1,35-1,37 г/см². В зоні стрічки за краплинного зрошення величини склали 1,26-1,27 г/см², в зоні рядку та на межі контуру зволоження 1,27-1,28 г/см², і лише в незрошуваному міжрядді цей показник восени склав 1,33 г/см², що обумовлено проходами с.-г. техніки. На глибинах 10-20 см та 20-30 см спостерігаються аналогічні тенденції весняно–осінніх змін щільності будови, проте ступінь їх вираженості з глибиною зменшується. В шарі 30-40 см істотні зміни в сезонній динаміці відсутні, показник складає сталі 1,30-1,32 на протязі всього вегетаційного періоду і не зазнає суттєвих змін в зоні стрічки, рядку і на межі контуру зволоження. Багаторічними спостереженнями доведено, що на початок нового вегетаційного сезону величини даного показника відповідають величинам весняного терміну попереднього року, тобто повністю відновлюються до вихідних значень.

На варіанті з використанням поливу способом дощування встановлено, що показник вологості ґрунту в міжполивний період у вертикальному напрямку має стійку тенденцію до збільшення з ростом глибини, у горизонтальному напрямку – поступове зменшення в напрямку від рядка культур до центру міжряддя. Після проведення поливу вологість верхніх шарів по всій поверхні варіанта наближається до 100 % НВ, у вертикальному напрямку – насичення розрахункового шару ґрунту (0,4 чи 0,6 м в залежності від фази розвитку культур) до 100 % НВ. Вологість більш глибоких шарів залишається незмінною протягом вегетаційного періоду і складає в середньому 85-80 % НВ.

Незрошувані варіанти досліду (абсолютний контроль, НРК врозкид, НРК локально) мають однакові характеристики за показником вологості. В зоні рядка поверхневі шари мають 70-60 % НВ, в зоні міжряддя – 60-50 % НВ. У вертикальному напрямку спостерігається поступове збільшення вологості до 85-80 % НВ на глибинах 0,8-1,0 м.

До початку поливу просторовий розподіл вологи на варіанті краплинного зрошення з підтримкою вологості на рівні 80-75 % НВ у шарі 0-40 см є досить рівномірним у горизонтальному напрямку (стрічка-рядок-межа контуру зволоження). Проте, в зоні міжряддя (0-40 см), яке не зазнає впливу краплинного зрошення, вологість майже постійно залишається на рівні 55–60 % НВ, що є критичним показником, окрім періодів впливу природних опадів. У вертикальному напрямку вологість збільшується з глибиною на всіх контрольних точках краплинного зрошення без винятку від 80-75 % НВ (на деяких варіантах 70-65 % НВ) у поверхневому шарі до сталих 90-85 % НВ на глибині 90-100 см. Оскільки рівень вологості ґрунту в нижніх шарах є досить стабільним, можливою причиною цього є капілярний підйом підґрунтових вод.

Після проведення поливу краплинним зрошенням вологість протягом наступних 3-4 годин в зоні стрічки та рядка залишається на рівні 100-95% НВ (табл. 3).

На межі контуру зволоження у шарі 0-10 см – на рівні 70-65 % НВ. Проте, шари 20-50 см набувають вологості близької до максимальної, що пояснюється деяким горизонтальним розтіканням. Вплив поливу на зону міжряддя є незначним, проте на деяких варіантах, за розрахункового шару зволоження 60

см, спостерігається підвищення вологості на глибинах 30-60 см.

Таблиця 3 - Просторовий розподіл вологості ґрунту (краплинного зрошення, режим 80-75 % НВ, поле 3, капуста білоголова)

Глибина, см	Міжряддя	Межа контуру	Рядок	Стрічка	Рядок	Межа контуру	Міжряддя
0-10	15,3	15,9	22,4	22,7	22,4	15,9	15,3
10-20	16,2	17,0	21,6	21,8	21,6	17,0	16,2
20-30	17,1	20,2	23,8	20,6	23,8	20,2	17,1
30-40	18,4	23,5	25,0	22,1	25,0	23,5	18,4
40-50	19,4	24,5	24,2	20,6	24,2	24,5	19,4
50-60	18,8	19,3	23,6	16,9	23,6	19,3	18,8
60-70	19,8	19,0	20,0	19,2	20,0	19,0	19,8
70-80	19,6	18,9	19,6	19,6	19,6	18,9	19,6
80-90	19,2	19,0	19,2	19,7	19,2	19,0	19,2
90-100	20,6	20,4	21,2	21,3	21,2	20,4	20,6

Висновки. Зміни агрофізичного стану ґрунтів за краплинного зрошення носять менш виражений характер порівняно зі змінами на варіантах дощування, але більш диференційовані просторово на відрізьку стрічка-рядок-міжряддя. Поєднання краплинного зрошення з різними способами удобрення зменшує ризик негативних змін структурно-агрегатного стану у зонах стрічок та рядків. Щільність складення зазнає лише сезонних змін, проте в багаторічній динаміці істотні зміни відсутні. Сформовані контури зволоження не мають суттєвого впливу на агрофізичні властивості, ключовим є фактор механічного ущільнення після проходів сільгосптехніки, передусім у міжряддях. Отже, в зоні безпосереднього впливу крапель (стрічка, рядок культур) у межах кореневмісного шару створюються сприятливі, наближені до оптимальних для овочевих культур параметри основних агрофізичних властивостей ґрунту (структурно-агрегатний склад, щільність складення, вологість).

Список використаних джерел

1. Хрусова Т.М., Козицький О.М. Зміна властивостей чорноземів звичайних під впливом зрошення в умовах Донбасу // Гідротехніка і меліорація в Україні. – К.: 1994.- С.81-87.
2. Ромашенко М.И., Корюненко В.Н., Носыко С.Ф. Обоснование методики изучения почвообразовательных процессов в условиях локального увлажнения // Тез. докл. IV съезда почвоведов и агрохимиков Украины. - Харьков, 1994. – С. 134-135.
3. Николаева С.А., Самойлова Е.М. Изменение структуры черноземов при орошении //Орошаемые черноземы.- М.: Изд-во МГУ, 1989. – 150 с.
4. Рябков С.В. Обґрунтування технології мікро зрошення розсаднику та саду мінералізованими водами в умовах півдня Одеської області. – Автореф дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук: спец. 06.01.02 „Сільськогосподарські меліорації”/ С.В. Рябков. – Київ, 2005.- 20 с.

Аннотация

КАПЕЛЬНОЕ ОРОШЕНИЕ КАК ФАКТОР ВЛИЯНИЯ НА АГРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЧЕРНОЗЕМА ОПОДЗОЛЕННОГО И ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ КОНТУРОВ УВЛАЖНЕНИЯ.

Афанасьев Ю.А.

Обоснованы закономерности изменений агрофизических свойств и водного режима чернозема оподзоленного при капельном орошении и различных способах удобрения в овощном севообороте на примере Харьковского стационарного опыта института овощеводства и бахчеводства НААН.

Abstract

DROP IRRIGATION AS THE FACTOR OF INFLUENCE ON CHERNOZEM PODEZOLIZED AGROPHYSICAL PROPERTIES AND FEATURES OF FORMATION THE CONTOURS OF HUMIDIFYING.

Afanasyev Y.O.

There are proved the agrophysical properties and water mode of chernozem podezolized laws of changes at a drop irrigation and various ways of fertilizer in a vegetable crop rotation on an example of the Kharkov stationary experience of institute of vegetable and melons NAAS.

УДК 621.9 : 621.98

МОДЕЛЮВАННЯ РОБОЧОЇ ПОВЕРХНІ ДИСКОВОГО РОБОЧОГО ОРГАНА

Канівець О.В.

Полтавська державна аграрна академія

Розглянуті питання визначення оптимальних властивостей робочої поверхні диска сошника зернової сівалки з врахуванням особливостей експлуатації.

Постановка проблеми. У процесі експлуатації в результаті абразивного зносу лезо дисків сошників зернової сівалки втрачає свою роботоздатність, а отже, і довговічність. Підвищити ресурс посівних машин можливо за рахунок використання ефективних технологій відновлення їх робочих органів, а також встановлення оптимальних значень параметрів та режимів використаного технологічного процесу.

Підвищення ресурсу дисків сошників зернових сівалок може бути забезпечено за рахунок обробки їх матеріалу при відновленні пластичним деформуванням із застосуванням вібраційного зміцнення [1]. У зв'язку з цим

задача встановлення основних параметрів технології відновлення робочих органів сільськогосподарських машин є актуальною.

Аналіз основних досліджень і публікацій. Роботоздатність дискових робочих органів сільськогосподарських машин в значній мірі залежить від параметрів та режимів застосованих технологічних процесів їх відновлення. Дослідження характеру протікання зносу дисків сошників зернових сівалок свідчать, що абразивне середовище має негативний вплив на їх довговічність та надійність [2].

В результаті абразивного зносу дисків сошників зернових сівалок останні мають нарробіток в 1,5...2 рази менший запланованого, що складає 2500...2700 гектарів.

Дискові сошники втрачають свою роботоздатність у випадку, коли відстань між ріжучими кромками дисків у місці їх сходження на сошнику складає більше 5 мм. Це відбувається за рахунок зменшення зовнішнього діаметра дисків під час зношування, що в значній мірі знижує якість закладання насіння в ґрунт [3]. Встановлено, що сошники із відстанню між ріжучими кромками дисків 3...4,5 мм укладають 95% насіння на глибину 30...50 мм, а зношені по зовнішньому діаметру до 320...330 мм – лише 43% [4].

В літературі наводяться дані про інтенсивність зношування дисків сошників в залежності від нарробітку, що складає 13 мм на 1000 га.

Низький строк експлуатації дисків свідчить про необхідність проведення заходів по підвищенню ресурсу посівної техніки.

Ціль та методика досліджень. Ціллю дослідження є підвищення надійності зернопосадочних машин при відновленні з використанням вібраційного зміцнення робочих органів.

В процесі експлуатації була складена схема дії навантажень на диск сошника. Диски відновлювались приварюванням сегментів із сталі 45 і сталі Л-53 з наступною наплавкою сормайтотом та вібраційним зміцненням.

Результати досліджень. Зміцнення робочої поверхні диска сошника пластичним деформуванням суттєво підвищує його втомну міцність та довговічність. При зміцненні поверхні підвищується твердість, створюються залишкові напруження, величину та характер яких можливо регулювати за рахунок зміни параметрів деформування.

Одним із основних факторів, що впливає на зносостійкість диска, є поверхнєве зміцнення його матеріалу та характер залишкових напружень, що повинні знаходитись в межах 150...250 МПа на глибині 1,5...2,5 мм. При подальшому збільшенні значень вказаних величин знижується втомна міцність диска і його абразивно-корозійна зносостійкість.

Метал поверхні робочої ділянки диска після відновлення повинен:

- мати достатню зносостійкість під час експлуатації диска в абразивно-корозійному середовищі;
- забезпечити необхідну релаксацію залишкових внутрішніх напружень, що виникають в процесі відновлення;
- забезпечити необхідне зміцнення металу оброблюваної поверхні, що дасть можливість підвищити його стійкість до втомного руйнування.

При відновленні дисків наплавкою в результаті перемішування основного та присадочного матеріалів відбувається зміна фізико-механічних властивостей шва та з'єднання. Для отримання необхідних параметрів виконано моделювання геометричних параметрів наплавлювального з'єднання (рис. 1).

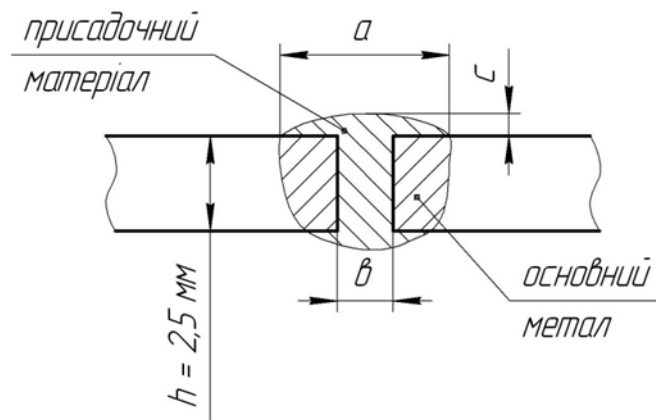


Рис. 1 Геометричні параметри наплавлювального з'єднання:

a – ширина шва; b – ширина відстані між наплавлювальними деталями; c – висота підсилення шва

Диски сошника зернової сівалки працюють в абразивному середовищі. Тому нерівності на поверхні наплавлювального з'єднання можуть стати місцями накопичення дрібних частинок, які можуть привести до утворення дефектів і руйнування з'єднання. Це, перш за все, стосується геометричних розмірів з'єднання, які здійснюють вплив на втомну міцність наплавлювального з'єднання в процесі експлуатації дисків сошників. Вказані на рис.1 параметри повинні мати наступні розміри: $b = 0,2...0,5$ мм; $c = 0,7...0,9$ мм; $a = 1,8...2$ мм.

На основі аналізу умов експлуатації диска сошника складена схема сил, що діють на нього в процесі роботи (рис. 2).

Диск на сошнику закріплюється під кутом атаки в двох площинах: в фронтальній площині кут атаки α складає приблизно 20° , а у вертикальній β – близько 25° .

Основними зусиллями, що перешкоджають руху диска в умовах абразивного середовища, є F , N , Q .

Оскільки навантаження F діє на робочу кромку диска, то наплавлювальний шов працює як на стиск, так і на розтяг. Внаслідок дії складових навантажень N і Q в матеріалі диска діють додаткові згинаючі зусилля. Таким чином, під час експлуатації диска на нього діють знакозмінні згинаючі сили, які можуть викликати його руйнування.

Під дією навантаження F у м'якому зварному шві в момент, коли напруження досягають межі текучості матеріалу шва, виникає пластична деформація. Розвитку деформації перешкоджає сусідній більш міцний метал, що викликає утворення на контактних поверхнях дотичних напружень. В результаті наплавлювальний шов в приконтактній області набуває об'ємний

навантажений стан на деяку глибину, вплив якого на властивості матеріалу шва і його зміцнення залежить від розмірів самого шва.

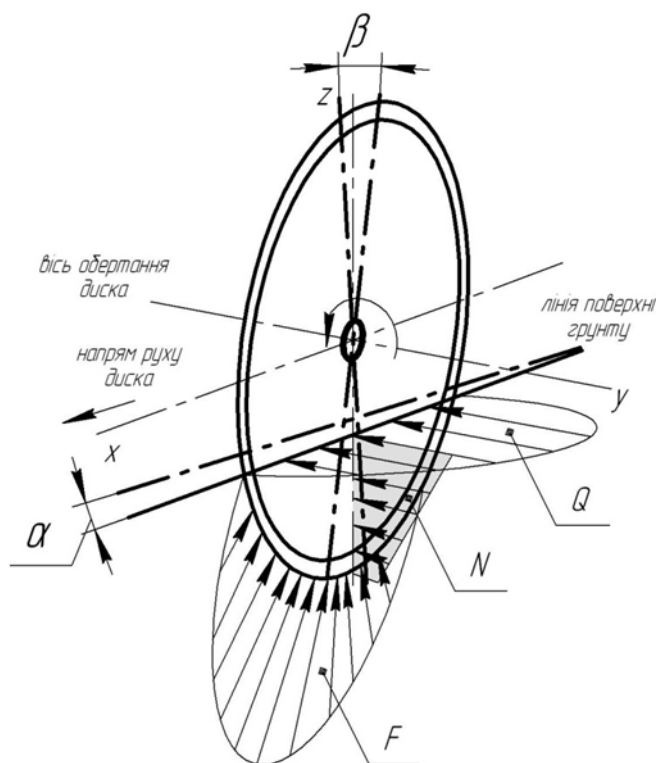


Рис. 2 Схема дії сил на диск сошника:

F , N , Q – зусилля, що діють на диск під час його руху у ґрунті; α і β – кути атаки відповідно в фронтальній і вертикальній площинах

При $\frac{a}{h} \leq 1$ (рис. 1) досягається найбільший ефект контактного зміцнення.

Висновки. На основі проведеного моделювання геометричних розмірів наплавлювального шва встановлено, що вказані параметри повинні мати наступні оптимальні значення ($a = 1,8 \dots 2$ мм; $c = 0,75 \dots 0,8$ мм), які теоретично можуть забезпечити здатність з'єднання до зміцнення. Це, в свою чергу, дозволить підвищити стійкість диска до втомного руйнування в процесі експлуатації.

Список використаних джерел

1. Кудрявцев И.В. Усталость сварных конструкций / И.В. Кудрявцев, Н.Е. Наумченков. – М.: Машиностроение, 1986. – 270 с.
2. Виноградов В.Н. Абразивное изнашивание / В.Н. Виноградов, В.Н. Сорокин. – М.: Машиностроение, 1990. – 224 с.
3. Сідашенко О.І. Ремонт машин / О.І. Сідашенко, О.А. Науменко, А.Я. Поліський та ін. – К.: Урожай, 1994. – 400 с.
4. Войтюк Д.Г. Сільськогосподарські машини / Д.Г. Войтюк, Г.Р. Гаврилюк. – К.: Каравела, 2004. – 552 с.

Аннотация

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОЧЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ДИСКОВОГО РАБОЧЕГО ОРГАНА

Канивец О.В.

Рассмотрены вопросы определения оптимальных свойств рабочей поверхности диска сошника зерновой сеялки с учетом особенностей эксплуатации.

Abstract

DESIGN OF WORKING SURFACE OF DISK WORKING ORGAN

Kanivec O.V.

The questions of determination of optimal properties of working surface of disk of soshnik of grain-growing drills are considered taking into account the features of exploitation.

УДК 621.9 : 621.98

ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОЧИХ ОРГАНІВ ҐРУНТООБРОБНИХ ЗНАРЯДЬ

Дудник В.В.

Полтавська державна аграрна академія

Розглянуті питання робочих характеристик робочих органів ґрунтообробних знарядь з точки зору підвищення їх надійності.

Постановка проблеми. Однією із важливих проблем сільськогосподарського машинобудування є підвищення надійності і ефективності застосування робочих органів ґрунтообробних машин.

Недостатня надійність сільськогосподарських машин викликає значні витрати запасних частин, що підвищує затрати на їх експлуатацію і ремонт [1].

Суттєва роль в забезпеченні ресурсу ґрунтообробних машин повинна бути відведена розробці і застосуванню прогресивних технологічних процесів, що дозволяє значно підвищити якісні показники серійних лемешів.

Аналіз основних досліджень і публікацій. В підвищенні надійності і довговічності робочих органів ґрунтообробних машин значна роль належить конструктивним рішенням і зміцнюючим обробкам робочих поверхонь відповідальних деталей [2].

Як показує практика, термін служби плужних лемешів до першого ремонту складає 3,5...8 га, а після кожного ремонту зменшується на 20-40%, складаючи в цілому 15...20 га [3,4].

Питанням підвищення довговічності робочих органів ґрунтообробних машин і підвищення їх надійності присвячені роботи багатьох видатних вчених, в тому числі П.М. Занкі, І.П. Сичова, Н.В. Молодика, А.І. Бойко, М.І. Черновола, Д.Г. Войтюка та ін.

Проте, багато питань про забезпечення довговічності робочих органів ґрунтообробних машин потребують проведення подальших досліджень.

Ціль та методика досліджень. Ціллю роботи є визначення основних параметрів і форми лемешів ґрунтообробних машин і їх вплив на технологічні процеси обробки ґрунту.

Результати досліджень. В сільськогосподарському виробництві сезонна по характеру і навантажені по часу обробка ґрунту потребує високої надійності та довговічності робочих органів знярядь і машин для обробки ґрунту, а в випадку їх зношування – ремонтпридатності і ефективної технології їх відновлення.

В процесі експлуатації ґрунтообробні машини випробовують цілий ряд факторів (напруження в матеріалі деталей; навколишнє середовище; склад оброблюваного ґрунту; накопичення пошкоджень та ін.), що погіршують їх технічні характеристики і роботоздатність.

В залежності від виду обробки ґрунту ґрунтообробні машини поділяються: для основного обробки ґрунту (плуги, дискові борони), поверхневої обробки (культиватори, луцильники, борони) і змішаного призначення (ґрунтообробні фрези, плоскорізи та ін.).

Робочі органи ґрунтообробних машин (рис. 1) представляють собою плоскі (лемеші і ножі плугів, лапи культиваторів та ін.) і криволінійні (сферичні диски, відвали та ін.) клини. Характер дії клина на ґрунт залежить від технологічних властивостей ґрунту і кута нахилу клина.

Існує близько 30 різновидів конструкцій лемешів, основними з яких є трапецеїдальні і долотоподібні. Більш широке застосування в експлуатації отримали долотоподібні лемеші.

Відомі конструкції складальних лемешів зі змінними носками, призначені переважно для роботи на піщаних ґрунтах. Застосовується конструкція складального плуга з відрізним носком (рис. 2), застосування якої дозволяє знизити втрати метала і витрати на ремонт.

Співробітниками інституту чорної металургії України розроблений складальний леміш зі змінними лезами із сталі *X12* і *X12Φ1* (рис. 3).

Такі лемеші мають підвищену довговічність в 2,5...3 рази в порівнянні з серійними, що виготовляються із сталі *Л53*. Однак, вони відрізняються високою вартістю виготовлення.

Фірмою Ронсом (США) виготовляються плуги з висувним долотом, які відрізняються складністю конструктивного рішення.

Першочергове значення в даний час набуває проблема підвищення надійності ґрунтообробних машин і зниження енергоємності оранки. Надійність роботи може бути зумовлена застосуванням зміцнюючих технологій при виготовленні та відновленні робочих органів. Рішення проблеми зниження енергоємності можливе за рахунок зменшення енергії тертя при русі пласта по

поверхні робочого органу. Це може бути досягнуто шляхом хромування поверхонь лемешів і відвалів. Однак, якщо матеріал покриття і технологія його нанесення пов'язані зі значними економічними витратами, то цей метод застосовувати недоцільно.

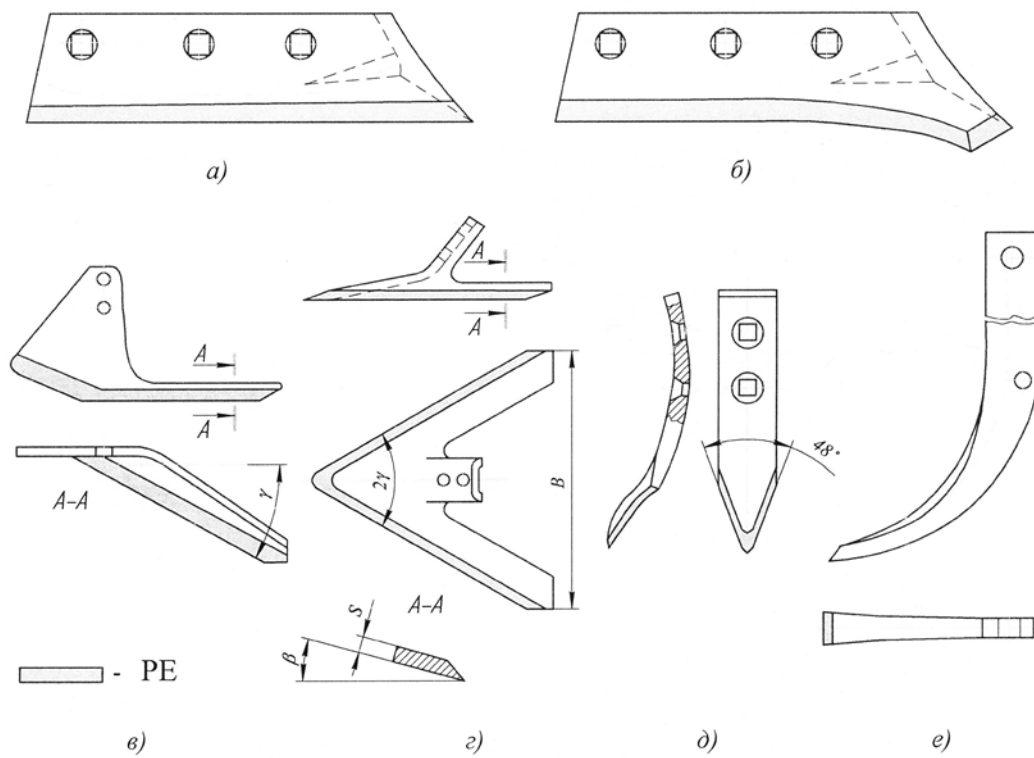


Рис. 1. Види робочих органів ґрунтообробних машин:

a, b – трапецеїдальний і долотоподібний лемеші; *в, г* – одностороння і стрілочата плоскорізні лапи; *д, е* – списоподібна і долотоподібна розпушуючі лапи.

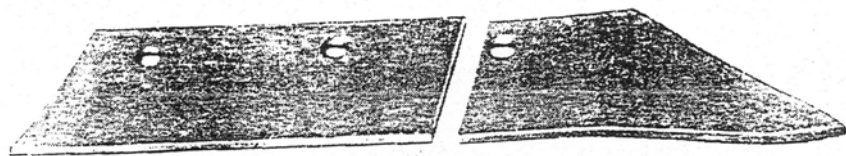


Рис. 2. Лемеш з відрізним носком.

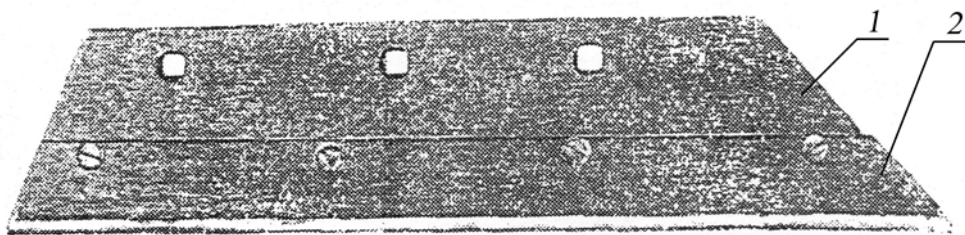


Рис. 3. Лемеш зі змінним лезом: 1 – лемеш; 2 – змінне лезо.

Автор [5] пропонує зменшення тягового зусилля плуга за рахунок використання вібраційних впливів при його русі. На думку автора вібраційні

коливання викликають зміну фізико-механічних характеристик ґрунту, що призводить до зниження енерговитрат на оранку на 10 ... 40%.

Одним із напрямків зниження зусиль обробки ґрунту є оптимальні геометричні розміри і форма леза лемеша. Були спроби створення зубчастих лемешів, однак вони не знайшли застосування, оскільки порушувався технологічний процес оранки, так як простір між зубами забивався залишками коренів.

Були розробки конструкції складального зубчатого долотоподібного лемеша. Застосування такого лемеша, дозволяє знизити зусилля оранки та витрату палива, що пояснюється створенням в зубчастому лемеші напруг, які сприяють руйнуванню пласта.

Робилися розробки у вітчизняній практиці по створенню тришарових лемешів. Однак, вони не знайшли відповідного застосування, так як відрізнялися високою вартістю і недостатньою довговічністю.

Для плугів та інших ґрунтообробних машин, що працюють в умовах підвищеної запиленості, головним видом зносу є абразивний. Внаслідок дії абразивних частинок ґрунту з поверхнею робочих ограні відбувається інтенсивне їх зношування, на величину якого впливають вид, вологість ґрунту, швидкість руху агрегату, матеріал і технологія обробки робочих поверхонь робочих органів.

Абразивне зношування залежить як від властивостей ґрунту, так і властивостей матеріалу робочого органу, що суттєво знижує надійність ґрунтообробних агрегатів і викликає великі енергетичні витрати в процесі обробки ґрунту.

Відомо, що велику негативну роль в процесі абразивного зношування надають тверді мінерали, твердість яких вище твердості сталей.

Форма абразиву також має великий вплив: чим гостріше грані абразивних частинок ґрунту, тим інтенсивніше відбувається процес абразивного зношування. Інтенсивність абразивного зношування залежить і від вологості ґрунту. У сухому ґрунті відбувається більш інтенсивне абразивне зношування.

Л. С. Єрмоловим було встановлено, що із збільшенням у ґрунті кількості дрібних (0,25 ... 0,05 мм.), середніх (0,5 ... 0,025 мм.) та великих (1 ... 0,5 мм.) часток піску абразивна здатність його зростає [6].

В залежності від інтенсивності зношування матеріалу робочих органів ґрунти поділяють на три групи. До першої групи з малою абразивністю відносять ґрунти, які мають у своєму складі до 80% фізичного піску; до другої - ґрунти з середньою абразивністю (піщані і супіщані), що містять 80 ... 95% фізичного піску; до третьої групи - ґрунти з високою абразивністю - 95 ... 100% фізичного піску.

При абразивному зношуванні на піщаних ґрунтах відбуваються процеси самогострювання, а на глинистих - утворюється тупа фаска. Зазначені процеси вимагають проведення додаткових досліджень.

Висновки

На основі проведеного аналізу літературних джерел можна зробити висновок, що застосовувані види робочих органів ґрунтообробних знарядь мають досить низькі експлуатаційні характеристики. Це викликає досить низький їх ресурс.

Підвищити довговічність лемешів можна за рахунок застосування ефективних технологій їх зміцнення як при виготовленні, так і відновленні.

Список використаних джерел

1. Постанова Кабінету Міністрів України від 30 травня 2007р. №785 “Про затвердження Державної програми реалізації технічної політики в агропромисловому комплексі на період до 2011 року”.
2. Проблеми реалізації технічної політики в агропромисловому комплексі / За ред. Я. К. Білоуска. – К.Ж ННУ “ІАЕ”, 2007. – 215с.
3. Марченко В. І. Сільськогосподарські машини / В. І. Марченко. – К.Ж Вища школа, 1999. – 344с.
4. Рибак Т. І. Пошукове конструювання на базі оптимізації ресурсу мобільних сільськогосподарських машин / Т. І. Рибак, – Тернопіль: ВАТ “ТВПК”, 2003. – 322с.
5. Кушнарєв А. С. Механико – технологические основы обработки почвы / А. С. Кушнарєв, В. С. Кочев. – К.: Урожай, 1989. – 140с.
6. Ермолов Л. С. Повышение надежности сельскохозяйственной техники / Л. С. Ермолов. – М.: Колос, 1979. – 286с.

Аннотация

ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОЧИХ ОРГАНОВ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ ОРУДИЙ

Дудник В.В.

Рассмотрены вопросы рабочих характеристик рабочих органов почвообрабатывающих орудий с точки зрения повышения их надежности.

Abstract

CHARACTERISTICS OF WORKING BODIES OF TILLAGE IMPLEMENTS

Dudnik V.V.

The questions of the performance of the working bodies of tillage implements in terms of improving their reliability.

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ФУНКЦІОНУВАННЯ АПАРАТУ ДЛЯ ВИСІВУ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ

Пастухов В.І., д.т.н., проф, Сівцов Ю.В., асп.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства
імені Петра Василенка*

*Виведені аналітичні залежності для розрахунку продуктивності
висівного дозуючого апарату мінеральних добрив від його конструктивних і
режимних параметрів*

Проблема. Одним з головних показників роботи для внесення добрив є показник рівномірності. Сьогодні це особливо актуально, тому що це пов'язано з зниженням родючості ґрунту, зниженням врожайності сільськогосподарських культур, незадовільним екологічним становищем і зростанням цін на мінеральні добрива. Сільгоспвиробітники при придбанні машин віддають перевагу тим зразкам, які забезпечують стрічкове та локальне внесення. Нажаль, на сьогодні в Україні не випускаються надійні, високопродуктивні машини, які б забезпечили якісне виконання цієї технологічної операції.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Авторами за результатами аналізу конструкцій і технологічних процесів роботи була розроблена машина для стрічкового внесення мінеральних добрив, яка усуває недоліки прототипів. На це технічне рішення був отриманий патент України [1], конструкція машини (дозуючого пристрою) описаний в статті [2].

Мета дослідження. Метою досліджень є визначення теоретичним шляхом залежностей якісно-експлуатаційних показників розробленої конструкції машини від її конструктивних параметрів.

Результати досліджень. Для визначення геометричних і режимних параметрів машини, які забезпечують необхідну продуктивність при нерівномірності відповідно до агрономічних, необхідно описати технологічний процес роботи дозуючого пристрою (рис. 1).

Мінеральних добрив у процесі роботи запропонованого експериментального висівного апарату (дозуючого пристрою) переміщуються за рахунок сил тертя між поверхнями барабану та стрічкового транспортеру. Експериментально були визначені коефіцієнти тертя добрив по металевій поверхні барабану і прорезиненої стрічці.

Добрива, що висіваються між барабаном і стрічкою транспортеру розглядаємо як сипуче середовище. Виділяємо у сипучому середовищу елементарну масу добрив Δm , яка під дією сил тертя при функціонуванні висівного апарату обертається відносно центру барабана "О" (рис. 2).

Для складання математичної моделі руху виділеного елемента маси скористаємося диференціальними рівняннями Лагранжа другого роду [3,4]

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}} - \frac{\partial T}{\partial \varphi} = Q_{\varphi} - \frac{\partial \Pi}{\partial \varphi}, \quad (1)$$

де T – кінетична енергія руху виділеного елемента;
 Π – потенційна енергія виділеного елемента;
 φ – узагальнена координата;
 Q_{φ} – узагальнена сила.

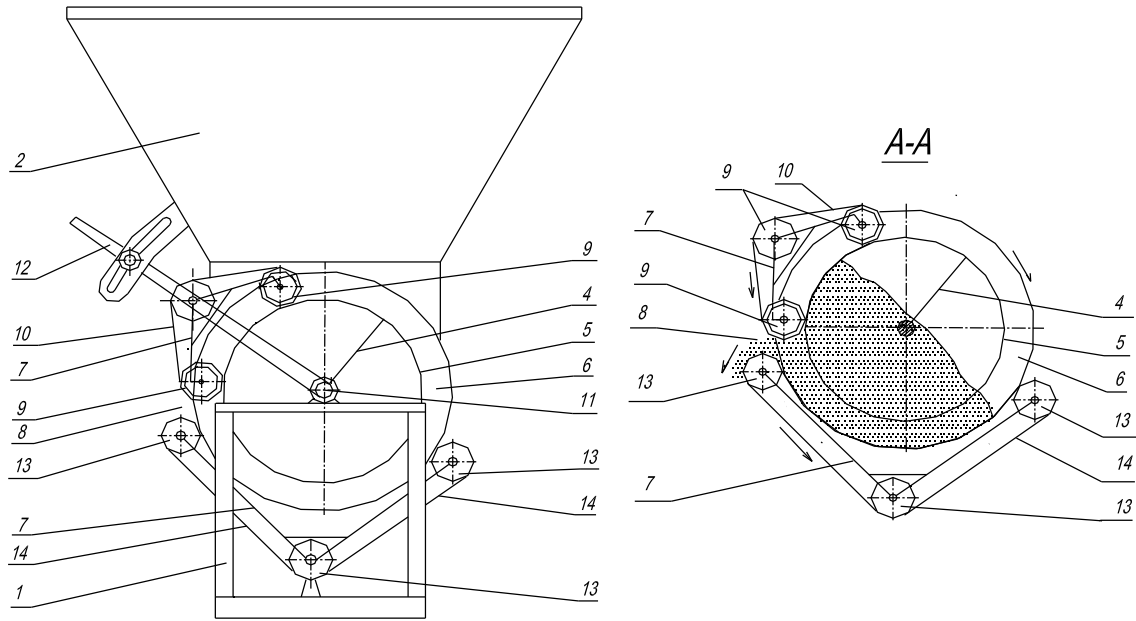


Рис. 1. Робочий орган тукової машини:

3 - кожух, 4 - шнек, 5 – перегородки, 6 - кільцеві диски, 7 - обойми, 8 - вихідні вікна, 9 – ролики, 10 - гнучкий елемент, 11 – вісь, 12 - механізм регулювання положення вісі, 13 - натяжні ролики, 14 - стрічка.

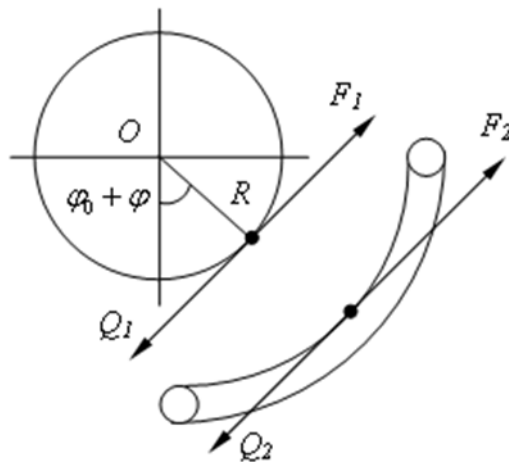


Рис.2. Схема для вивчення процесу взаємодії робочих органів експериментального апарату з мінеральними добривами.

В якості узагальненої координати приймаємо кут повороту φ виділеного елемента відносно центру обертання. Тоді значення кінетичної енергії руху виділеного елемента запишеться:

$$T = \frac{\Delta m(R+h)^2 \dot{\varphi}^2}{2},$$

де Δm – елементарна маса виділеного елемента;
 R – радіус барабана висівного апарату;
 h – відстань від поверхні барабану до вісі виділеного елемента.

Диференціюємо вираз кінетичної енергії:

$$\frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}} = \Delta m(R+h)^2 \dot{\varphi};$$

$$\frac{dT}{dt} = \frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}} \ddot{\varphi} = \Delta m(R+h)^2 \ddot{\varphi}.$$

$$\frac{\partial T}{\partial \varphi} = 0.$$

Потенційна енергія виділеного елемента визначається за формулою:

$$P = \Delta m \cdot g(R+h)[1 - \cos(\varphi_0 + \varphi)],$$

де φ_0 – початковий кут руху виділеного елемента.

Диференціюємо вираз потенційної енергії:

$$\frac{\partial P}{\partial \varphi} = \Delta mg(R+h) \cdot \sin(\varphi_0 + \varphi) \quad (3)$$

Підставляємо у рівняння (1) вирази (2) і (3):

$$\Delta m(R+h)[(R+h)\ddot{\varphi} + g \cdot \sin(\varphi_0 + \varphi)] = Q_\varphi \quad (4)$$

На виділений елемент сипучого середовища діють сили тертя барабана F_1 і стрічки F_2 , а також які викликані дотичними силами сипучого середовища, відповідно Q_1 і Q_2 (див. рис.2.1.). Тоді узагальнена сила визначається за формулою:

$$Q_\varphi = F_1 R + F_2(R+2h) - Q_1 R - Q_2(R+2h), \quad (5)$$

де F_1 і F_2 – сили тертя виділеними елементами Δm і відповідно барабаном та стрічкою транспортеру;
 Q_1 і Q_2 – сили, пов'язані з дотичними напруженнями сипучого середовища.

Тиск сипучого середовища на підпорну стінку можна визначити за допомогою теорії сипучого середовища.

У теорії сипучого середовища напруга, при якій невелика зміна об'ємних або поверхневих сил визиває порушення рівноваги сипучого середовища,

називається граничним. У такі моменти сили взаємодії робочих органів з сипучим середовищем, а також їх моменти досягають максимальних значень. Історія розвитку теорії граничного стану сипучого середовища описана у роботах В. В. Соколовського. Засновником теорії є К. Кулон.

Граничний стан середовища малої міцності описується рівнянням Кулона:

$$\tau_n = \sigma_n \operatorname{tg} \varphi_B + C_\omega;$$

де τ_n – дотична напруження у точці сипучого середовища;
 C_ω – коефіцієнт зчеплення сипучого середовища;

Теорія граничного стану сипучого середовища була використана В. І. Балавнєвим при вивченні процесів взаємодії робочих органів дорожньо-будівельних машин з сипучим середовищем.

Нормальне та дотичне напруження у сипучому середовищі на поверхні стінок робочих органів визначається за формулами [5,6] :

$$\sigma_{n_2} = A_1 \left[2h\gamma + C_\omega \operatorname{ctg} \varphi_B \left(1 - \frac{1}{A_1} \right) + P_0 \right];$$

$$\tau_{n_2} = A_2 \left[2h\gamma + l_\omega \operatorname{ctg} \varphi_B \left(1 - \frac{1}{A_2} \right) + P_2 \right],$$

де σ_{n_2} – нормальне напруження на поверхні стрічки транспортеру;
 τ_{n_2} – дотичне напруження на поверхні стрічки транспортеру;
 γ – об’ємна маса мінеральних добрив;
 φ_B – кут внутрішнього тертя мінеральних добрив;
 A_1, A_2 – коефіцієнти;
 P_0 – зовнішні тиски на поверхні сипучого середовища.

При невеликих кутах нахилу опорної площини до горизонту

$$\alpha \leq \frac{1}{2} \arcsin \frac{\sin \varphi_\Gamma - \frac{\varphi_\Gamma}{2}}{\sin \varphi_B}, \quad (8)$$

де α – кут нахилу опорної площини до горизонту;
 φ_Γ – кут внутрішнього тертя у сипучому середовищі у горизонтальній площині;
 φ_M – коефіцієнт тертя мінеральних добрив по поверхні робочих органів;

$$A_1 = \frac{1 - \sin \varphi_B \cdot \cos 2\alpha}{1 - \sin \varphi_M}$$

$$A_2 = \frac{\sin \varphi_B \cdot \cos 2\alpha}{1 - \sin \varphi_M}.$$

При невідповідності нерівномірності (8) коефіцієнти визначаються за формулами:

$$A_1 = \frac{\cos \varphi_{\Gamma} (\cos \varphi_{\Gamma} + \sqrt{\sin^2 \varphi_B - \sin^2 \varphi_{\Gamma}})}{1 - \sin \varphi_B} \times$$

$$\times \exp \left[2\alpha - \pi + \arcsin \frac{\sin \varphi_{\Gamma}}{\sin \varphi_B} \right] \tan \varphi_B ;$$

$$A_2 = \frac{\sin \varphi_{\Gamma} (\cos \varphi_{\Gamma} + \sqrt{\sin^2 \varphi_B - \sin^2 \varphi_{\Gamma}})}{1 - \sin \varphi_B} \times$$

$$\times \exp \left[2\alpha - \pi + \arcsin \frac{\sin \varphi_{\Gamma}}{\sin \varphi_B} \right] \tan \varphi_B .$$

Сила тертя між стрічкою транспортера і сипучим середовищем визначається за формулою:

$$F_2 = \sigma_{n_2} \cdot b(r + 2h)\Delta\varphi \cdot f_2 ,$$

де b – ширина стрічки транспортеру;
 $\Delta\varphi$ – кут між радіусами, які обмежують виділений елемент сипучого середовища Δm .
 f_2 – коефіцієнт тертя.

Сила дії на елемент Δm визвано дотичним напруженням сипучого середовища у контактї з стрічкою транспортера

$$Q_2 = \tau_{n_2} \cdot b(R + 2h)\Delta\varphi .$$

Сили, які виникають між сипучим середовищем і барабаном висівного апарату виникають у результаті зсуву останнього. Зсув сипучого середовища проходить по площині зсуву, яка виникає у результаті роботи висівного апарату (рис.3).

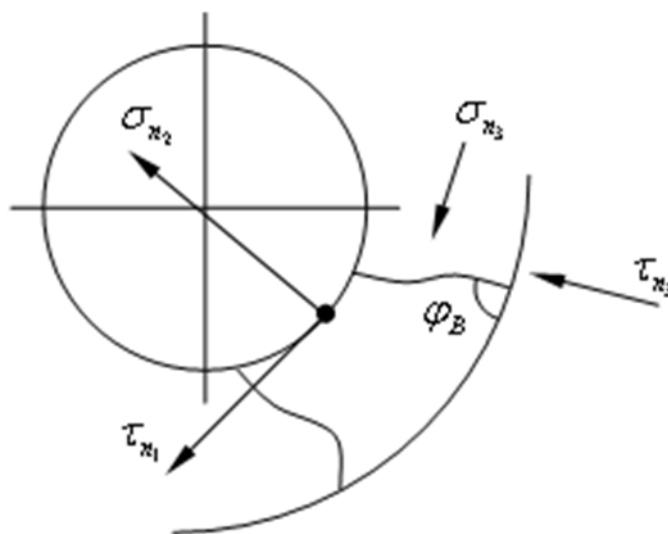


Рис.3. Схема для визначення напружень у сипучому середовищі.

Нормальна σ_{n_3} і дотичне τ_{n_3} напруження на поверхні зсуву сипучого середовища можна визначити за формулами (6), (7) і 3 при $\alpha = \varphi_B$. Тоді нормальні і дотичні напруження у контакті сипучого середовища і барабана визначаються за формулами:

$$\sigma_{n_1} = \tau_{n_3} \cdot \sin(\varphi_0 + \varphi + \varphi_B); \quad (11)$$

$$\tau_{n_1} = \tau_{n_3} \cdot \cos(\varphi_0 + \varphi + \varphi_B);$$

де τ_{n_3} – дотичне напруження, яке виникає на поверхні зсуву сипучого середовища.

Сила тертя між барабаном і елементом сипучого середовища визначається за формулою:

$$F_1 = \sigma_{n_1} \cdot b \cdot R \cdot \Delta\varphi \cdot f_1 \quad (12)$$

Сила дії на елемент Δm викликана дотичним напруженням у сипучому середовищі у контакті з барабаном розраховується за допомогою рівнянь

$$Q_1 = \tau_{n_1} \cdot R \cdot b \cdot \Delta\varphi \quad (13)$$

Підставляємо у рівняння (5) вирази (9), (10), (11), (12), (13) і одержуємо вираз для визначення узагальненої сили:

$$Q_\varphi = \sigma_{n_1} \cdot b \cdot R^2 \cdot \Delta\varphi \cdot f_1 + \sigma_{n_2} \cdot b \cdot b(R+2h)^2 \cdot \Delta\varphi - f_2 - \tau_{n_1} \cdot R^2 \cdot b \Delta\varphi - \tau_{n_2} \cdot b(R+2h)^2 \Delta\varphi \quad (14)$$

Виходячи з того, що $\Delta m = R \cdot \Delta\varphi \cdot 2h \cdot b \cdot \gamma$, а також підставляємо вираз (14) у (4) отримуємо диференційне рівняння руху елемента сипучого середовища у висівному апараті.

$$R \cdot 2h \cdot \gamma (R+h) [(R+h)\ddot{\varphi} + g \cdot \sin(\varphi_0 + \varphi)] = \sigma_{n_1} \cdot R^2 \cdot f_1 + \sigma_{n_2} (R+2h)^2 \cdot f_2 - \tau_{n_1} R^2 - \tau_{n_2} (R+2h)^2 \quad (15)$$

Диференційне рівняння (15) вирішували при $f_1 = f_1(\dot{\varphi}, \omega)$, $f_2 = f_2(\dot{\varphi}, \omega)$ Безпосереднє обчислення режимів руху частки сипучого середовища проводиться з використанням методу кінцевих різниць першого порядку:

$$\Delta y_0 = y_1 - y_0; \Delta y_1 = y_2 - y_1; \dots; \Delta y_n = y_{n+1} - y_n;$$

різниці другого порядку:

$$\Delta^2 y_0 = \Delta(\Delta y_0) = \Delta y_1 - \Delta y_0; \Delta^2 y_1 = \Delta y_2 - \Delta y_1; \dots; \Delta^2 y_n = \Delta y_{n+1} - \Delta y_n$$

або $\Delta^2 y_0 = y_0 + y_2 - 2y_1; \dots; \Delta^2 y_n = \Delta y_n + \Delta y_{n+2} - 2y_{n+1}$. Де функції y_i відповідає аргумент $t_i = t_0 + i \cdot dt$ як елемент арифметичної прогресії с постійним кроком dt .

Виходячи з вищевикладеного та із канонічного представлення похідних,

маємо: $\ddot{\varphi} = \Delta^2 \varphi / dt^2$ и $\dot{\varphi} = \Delta \varphi / dt$, що дає можливість побудови циклічного процесу обчислення при заданих початкових значень величин, що досліджуються. Цей процес при відповідному представленні рівняння руху частки сипучого середовища описується співвідношенням:

$$\varphi_n = 2\varphi_{n-1} - \varphi_{n-2} - \left\{ \frac{g}{R+h} (1 - f_\Sigma) \cdot \sin(\varphi_0 + (\omega - \Delta\varphi_{n-1}/dt) \cdot t) \right\} \cdot dt^2 - f_\Sigma \cdot ((\Delta\varphi_{n-1})^2 + 2\omega \cdot \Delta\varphi_{n-1} \cdot dt),$$

де $f_\Sigma = f_1(\dot{\varphi}, \omega) + f_2(\dot{\varphi}, \omega)$.

Після розрахунку за початковими умовами при $n=2$ $\varphi_1 = \omega \cdot dt$, $\varphi_{0s} = \omega \cdot dt$ він може бути продовженим шляхом циклічного пересування розрахованого значення φ_2 , тому на i -тому циклі такого пересування процес відповідає схемі $\varphi_2 \leftarrow \varphi_i$; $\varphi_1 \leftarrow \varphi_{i-1}$; $\varphi_{0s} \leftarrow \varphi_{i-2}$ а також $\Delta\varphi_0 \leftarrow \Delta\varphi_{i-2}$. Так що при завданні кінцевого значення φ_k – кута підйому тукоsumіші розрахунковий процес закінчується на n – тому кроці, який визначається як $\varphi_k = n \cdot \omega \cdot dt - \varphi_n$, звідки

$$n = \frac{\varphi_k + \varphi_n}{\omega \cdot dt}.$$

Висновки. Розрахунки проведено у межах значень геометричних і режимних параметрів, що впливають на роботу дозуючого пристрою. Їх подальший аналіз дозволить визначити оптимальні параметри, при яких забезпечується максимальна продуктивність туковисівної машини.

Список використаних джерел.

1. Патент на винахід 91794 України. Машина для внесення сипучих мінеральних добрив / Пастухов В.І., Фесенко Г.В., Сівцов О.В., Сівцов Ю.В. – опубл. 25.08.2010 р. Бюл. № 16.
2. Сівцов Ю.В. Обґрунтування конструкції шнекового робочого органу тукової машини для локального внесення сипучих мінеральних добрив./ Пастухов В.І, Фесенко Г.В., Шерстюк В.С. Сівцов Ю.В. – Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. Випуск 103 – Харків. – 2010. С.156-169.
3. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики. М: Высшая школа, 1986, 416 с.
4. Савин Г.Н., Путята Т.В., Фрадлин Б.Н., Курс теоретической механики. К: Высшая школа. 1973, 359 с.
5. Пащенко В. Ф. Моделирование взаимодействия с почвой рабочих органов сельскохозяйственных машин и орудий / В. Ф. Пащенко. – Харьков: Харьковский государственный университет им. В. В. Докучаева, 1994. – 134 с
6. Мельник В. И. Предельное равновесие сплошных неупругих сред: [монография] / В. И. Мельник. – Харьков: КП Типография № 13, 2006. – 368 с.

Аннотация

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ АППАРАТА ДЛЯ ВЫСЕВА МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

Пастухов В.И., Сивцов Ю.А.

Выведены аналитические зависимости для расчета производительности высевающего дозирующего аппарата минеральных удобрений от его конструктивных и режимных параметров.

Abstract

ANALYTICAL DEPENDENCES ARE SHOWN OUT FOR THE CALCULATION OF THE PRODUCTIVITY OF BATCHING SEEDMETER OF MINERAL FERTILIZERS FROM HIS STRUCTURAL AND REGIME PARAMETERS.

Pastuhov V.I., Sivcov Y.A

Analytical dependences are shown out for the calculation of the productivity of batching seedmeter of mineral fertilizers from his structural and regime parameters.

УДК 631.356.2:62-21

ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ РАМИ ВИКОПУЮЧОГО ПРИСТРОЮ КОРЕНЕЗБИРАЛЬНОЇ МАШИНИ

Підгурський М.І., Сташків М.Я., Барановський В.М., Довбуш Т.А.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Проведено порівняльний аналіз напружено-деформованого стану несучих конструкцій викопуючих пристроїв коренезбиральних машин аналітичним методом та методом скінчених елементів. Вироблено рекомендації зі зменшення металомісткості конструктивних структур.

Постановка проблеми. Головними критеріями подальшої інтенсифікації сучасного розвитку сільськогосподарського виробництва є матеріально-технічна база механізації всіх виробничих процесів на основі забезпечення та впровадження високоефективних ресурсозберігаючих технологій збирання сільськогосподарських культур.

Основною ознакою, яка характеризує ресурсозберігаючу технологію є раціональне заощадження матеріальних і енергетичних ресурсів. Зокрема, для викопуючих робочих органів бурякозбиральних машин це може відбуватися шляхом інтенсифікації технологічних процесів викопування коренеплодів із одночасним видаленням залишків гички на їх головках при мінімізованій кількості поданого на очисники в'язкого та налиплого ґрунту. Іншим фактором раціонального заощадження матеріальних і енергетичних ресурсів є зменшення

металомісткості як робочих органів, так і несучих конструкцій, що забезпечують їх функціонування.

Функціональні можливості і надійність роботи таких конструкцій безпосередньо пов'язано з розробкою ефективних методів розрахунку їх напружено – деформованого стану (НДС) та міцності.

Аналіз досліджень і публікацій. Для розрахунку конструктивних структур розроблено велику кількість різних за складністю і точністю отриманих результатів методів, що враховують специфічні особливості конструкцій. Найбільш універсальним є метод скінчених елементів (МСЕ). Цей метод реалізовано в багаточисельних програмах і при сучасному рівні розвитку засобів обчислювальної техніки дозволяє проводити дослідження НДС достатньо складних об'єктів при різноманітних видах навантаження, зокрема таких, як несучі структури мобільних машин. Однак, як відзначається в [0], напруження у рамі вантажного автомобіля, отримані МСЕ і експериментальним (тензометричним) методом можуть суттєво відрізнятись (на 30-40 %).

Подібні порівняльні дані отримані в [0] при дослідженні НДС МСЕ та експериментально несучої конструкції кормозбиральної машини УЭС - 250 «Полесьє». Розрахунки рами проведено для випадку статичного навантаження з експериментально визначеними коефіцієнтами динамічності $k_d = 2 \dots 2,5$. Результати досліджень показали, що напруження в перетинах найбільш навантажених елементів, отримані МСЕ, в 1,07...1,53 рази вищі, ніж експериментальні дані.

Отже, вірогідність результатів можна забезпечити лише при коректному моделюванні геометрії і фізичних властивостей конструкції. І очевидно, результати методом розрахунку МСЕ повинні, при можливості, співставлятись з даними експериментальних чи аналітичних досліджень.

Мета досліджень. Побудова розрахункових моделей конструктивних структур викопуючих пристроїв коренезбиральних машин і здійснення на їх основі порівняльного аналізу НДС несучих конструкцій коренекопачів аналітичним методом і МСЕ та вироблення рекомендацій зі зменшення їх металомісткості.

Результати досліджень. Проведемо розрахунок рами викопуючого пристрою коренезбиральної машини аналітичним методом і МСЕ. Конструкції викопуючих органів (копачів) комбайнів працюють на різних робочих швидкостях, ґрунтах з різними фізико-механічними властивостями. Це приводить до суттєвих коливань тягових опорів при викопуванні коренеплодів. Так, за результатами досліджень встановлено, що тяговий опір при викопуванні коренеплодів дисковими копачами на глибині 70 мм збільшується в 1.1 – 1.3 рази при зміні поступальної швидкості машини від 1.4 до 2.3 м/с. В залежності від типу ґрунту значення тягового опору можуть відрізнятись у 3...3,4 рази, а граничне значення – змінюватись від 4.1 кН до 13.9 кН (рис. 1).

Тяговий опір копачів суттєво впливає на розподіл зусиль як в рамі копача, так і в основній несучій конструкції машини під час експлуатації.

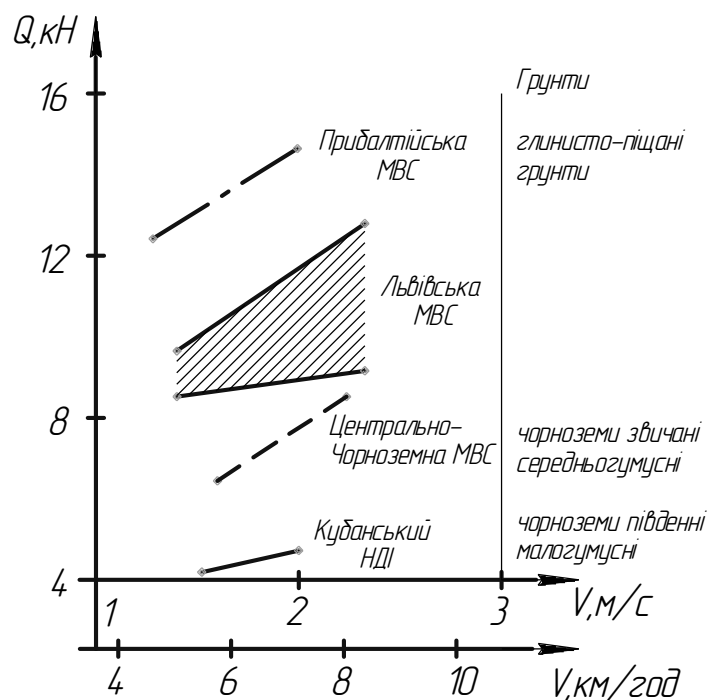


Рис. 1. Тяговий опір дискових викопуючих органів [0, 4]

Дисковий копач складається з основної рами, жорсткість якої значно перевищує жорсткість інших частин рами і до якої прикладене розподілене навантаження (власна вага системи q) і самих дискових копачів, у яких при виконанні технологічного процесу створюються тяговий опір ґрунту Q , направлений під кутом θ , що може змінюватись в межах $0-40^\circ$ [0, 5, 0].

Для визначення напружено – деформованого стану рами викопуючого пристрою самохідної коренезбиральної машини КС-6Б необхідно визначити всі зовнішні зусилля та реакції в опорах кріплення рами копача до основної рами машини.

В процесі експлуатації самохідної коренезбиральної машини КС-6Б можна виділити два характерних режими – транспортний (викопуючий пристрій піднято) та робочий (робочий пристрій опущено, дискові копачі заглиблено в ґрунт). Розрахункові схеми для визначення невідомих зусиль при двох типових режимах експлуатації машини подано на рис. 2.

На рис. 2 - X_1 – реакція в точці опирання кронштейнів копача на передній міст, X_2 – реакція в точці кріплення гідроциліндра піднімання/опускання копача до несучої системи комбайна, X_3 , X_4 – відповідно горизонтальна і вертикальна складові в точці кріплення заднього кронштейна копача до несучої системи комбайна.

Для визначення невідомих зусиль в транспортному режимі експлуатації достатньо трьох рівнянь статки, оскільки розрахункова схема є статично визначувана:

$$\begin{aligned} \sum M = 0; & X_1 \cdot (l_1 \cdot \cos(\varphi + \psi) + (a + b) \cdot \cos \varphi + l_3 \cdot \cos(\beta + \varphi)) + Q \cdot \cos \theta \cdot \\ & \cdot [(a + b) \cdot \cos \varphi + l_3 \cdot \cos(\varphi + \beta)] - Q \cdot \sin \theta \cdot (l_3 \cdot \sin(\varphi + \beta) + (a + b) \cdot \sin \varphi + \\ & + X_2 \cdot \sin(\varphi + \alpha) (b \cdot \cos \varphi + l_3 \cdot \cos(\beta + \varphi)) - X_2 \cdot \cos(\alpha + \varphi) (b \cdot \sin \varphi + \end{aligned}$$

$$+(l_3 \cdot \sin(\varphi + \beta)) - q(a + b) \cdot [0,5 \cdot (a + b) \cdot \cos\varphi + l_3 \cdot \cos(\beta + \varphi)] - \\ - qc \left(l_3 \cdot \cos(\varphi + \beta) - \frac{1}{2} \cdot c \cdot \cos\varphi \right) - M = 0. \quad (1)$$

$$\sum Y = 0; X_1 + Q \cdot \cos\theta - q \cdot (a + b + c) \cdot \cos\varphi + X_2 \cdot \sin(\alpha + \varphi) + X_4 = 0; \\ \sum X = 0; Q \cdot \sin\theta + X_2 \cdot \cos(\alpha + \varphi) + X_3 = 0;$$

Розрахункова схема робочого режиму експлуатації машини є один раз статично невизначувана. Статичну невизначуваність такої схеми розкрито за допомогою методу мінімуму потенціальної енергії деформації [7]:

$$U = U_M + U_K + U_Q + U_N, \quad (2)$$

де U_M, U_K, U_Q, U_N – потенціальна енергія деформації елементів від згину, кручення, зсуву та розтягу (стиску) відповідно.

Згідно з принципом найменшої роботи, що застосовується для визначення невідомих реакцій [7], необхідно записати часткові похідні від потенціальної енергії деформації за основною невідомою $\partial U / \partial X_1 = 0$. При знаходженні цих похідних всі реакції мають бути виражені через невідому реакцію, за якою беруться часткові похідні, з рівнянь статички (1) та залежності:

$$X_2[(\sin(\varphi + \alpha) \cdot (b \cdot \cos\varphi + l_3 \cdot \cos(\beta + \varphi)) - \cos(\alpha + \varphi) (b \cdot \sin\varphi + \\ + (l_3 \cdot \sin(\varphi + \beta))) = -X_1((l_1 \cdot \cos(\varphi + \psi)) + (a + b) \cdot \cos\varphi + l_3 \cdot \cos(\beta + \varphi)) + \\ + M - Q \cdot (\cos\theta \cdot [(a + b) \cdot \cos\varphi + l_3 \cdot \cos(\varphi + \beta)] + \sin\theta \times \\ \times (l_3 \cdot \sin(\varphi + \beta) + (a + b) \cdot \sin\varphi)) + q \cdot ((a + b) \times \\ \times \left[\frac{1}{2} (a + b) \cdot \cos\varphi + l_3 \cdot \cos(\beta + \varphi) \right] - c \left(l_3 \cdot \cos(\varphi + \beta) - \frac{1}{2} \cdot c \cdot \cos\varphi \right)]. \quad (3)$$

Для визначення динамічних навантажень Q на дискових копачах проведено польові дослідження, в ході яких реєструвались зусилля на штоці гідроциліндра кріплення викопуючого пристрою до рами машини КС-6Б [8].

Аналітично-експериментальним шляхом за результатами експериментальних досліджень та за допомогою розглянутих розрахункових схем визначаємо усі невідомі зусилля, які діють на раму викопуючого пристрою самохідної коренезбиральної машини КС-6Б в транспортному та робочому режимах експлуатації. Аналіз НДС елементів рами коренекопача проводимо за допомогою програмного комплексу «Ліра» [9] (рис. 3).

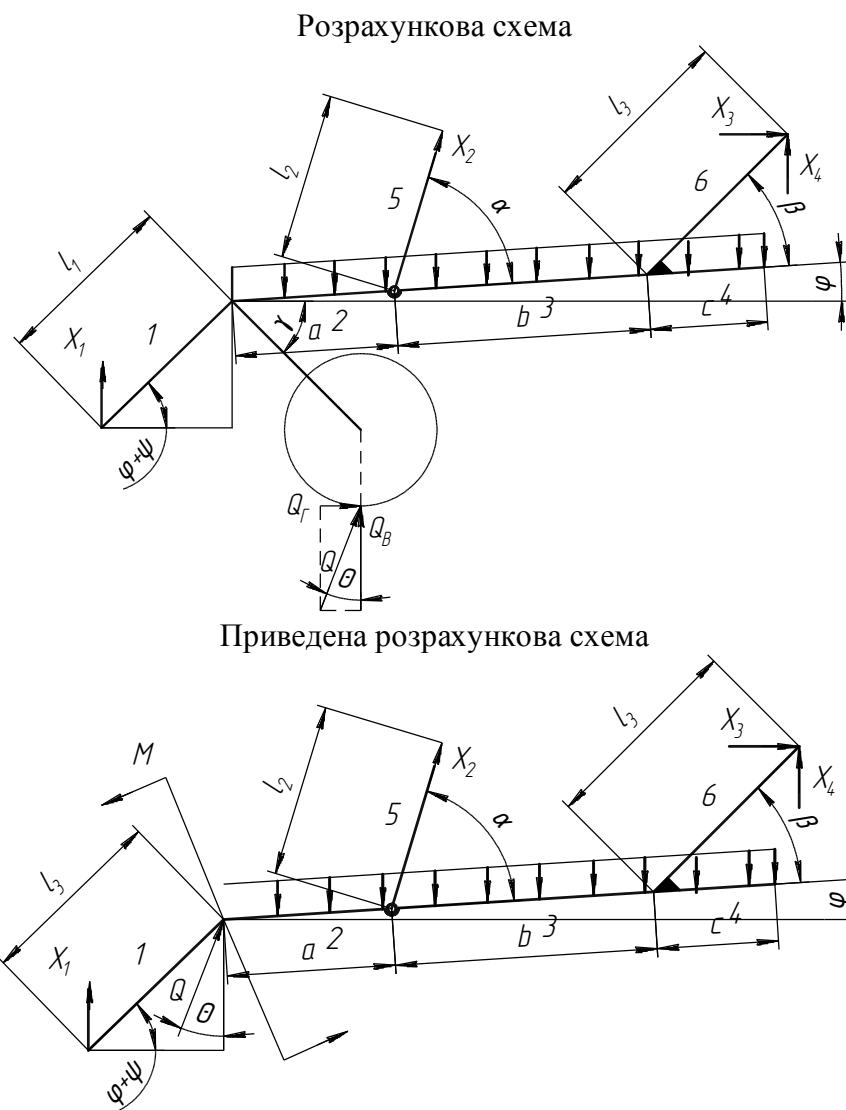


Рис. 2. Розрахункові схеми викопуючого пристрою для розкриття статичної невизначеності системи

В результаті аналізу НДС рами викопуючого пристрою коренезбиральної машини КС-6Б оптимізовано поперечні перетини найбільш та найменш навантажених елементів для підвищення рівномірності конструкції. Досягнуто зменшення металомісткості конструкції на 11 %. Результати розрахунку НДС елементів рами викопуючого пристрою коренезбиральної машини КС-6Б подано в таблиці 1.

Таблиця – 1 НДС елементів рами викопуючого пристрою

Конструкція рами коренекопача	Транспортний режим				Робочий режим			
	Найбільш навантажений елемент, № елемента/МПа		Найменш навантажений елемент, № елемента/МПа		Найбільш навантажений елемент, № елемента/МПа		Найменш навантажений елемент, № елемента/МПа	
Базова конструкція	100×50×4	100×110×10	100×50×4	100×110×10	100×50×4	100×110×10	100×50×4	100×110×10
	№45 200	№10 95	№42 109	№3 3	№45 131	№10 64	№42 48	№3 6
Удосконалена конструкція	100×50×5	100×100×7	100×50×3	100×110×7	100×50×5	100×110×7	100×50×3	100×110×7
	167	123	129	5	108	85	65	9

ділянок несучої системи викопуючого агрегата.

Аналізуючи значення реакції X_2 в широкому діапазоні зміни тягового опору Q , відзначимо, що відбувається зміна розтягуючих зусиль, викликаних власною вагою викопуючого агрегата, на стискаючі зусилля, викликані дією опору викопуючих органів при виконанні ними технологічного процесу.

В результаті оптимізації поперечних перетинів найбільш та найменш навантажених елементів рами викопуючого пристрою коренезбиральної машини КС-6Б (для підвищення їх рівномірності) досягнуто зменшення металомісткості конструкції на 11 %.

Запропоновану методику дослідження НДС рамних конструкцій викопуючих пристроїв самохідних коренезбиральних машин можна використати для аналізу НДС й копачів інших типів, наприклад, копача буряків вібраційного КБВ-6 «Борекс».

Список використаних джерел

1. Черников С.А., Садчиков К.В. О достоверности расчетных оценок НДС рамы грузового автомобиля / Проблемы машиностроения и надежность машин, 1998. – №3. – С. 117-121.
2. Вырский А.Н. Исследование нагруженности рамных конструкций // Тракторы и сельхозмашины, 1990. - № 11. – С. 26 – 27.
3. Гевко Р.Б. Викопувально-очисні пристрої бурякозбиральних машин.- Тернопіль: Поліграфіст, 1997. – 202 с.
4. Вплив зміни опору дискових копачів на навантаження несучих конструкцій бурякозбиральних комбайнів / М.Я. Сташків, М.І. Підгурський, О.В. Мильніков, П.В. Попович // Вісник ХНТУ сільського господарства ім. П. Василенка «Механізація сільського господарства». – Харків, 2007. – Вип. 59. – Т.1. – С. 153 – 159.
5. Погорельый Л. В., Татьяна Н.В. Свеклоуборочные машины: история, конструкция, теория, прогноз. – К.: Феникс, 2004. – 232с.
6. Теория, конструкции и расчет сельскохозяйственных машин / Е.С. Босой, О.В. Верняев, И.И. Смирнов, Е.Г. Султан - Шах. – М.: Машиностроение, 1977. – 568 с.
7. Рибак Т.І. Пошукове конструювання на базі оптимізації ресурсу мобільних сільськогосподарських машин. – Тернопіль: ВАТ ТВПК „Збруч”, 2003. – 332 с.
8. Сташків М.Я., Підгурський М.І., Барановський М.І., Ковальчук Я.І. Дослідження динаміки навантаженості елементів тримких конструкцій коренезбиральної машини КС-6Б. // Підвищення надійності відновлюємих деталей машин. – ХДТУСГ – 2003. – Випуск 17. – С. 40 – 43.
9. Городецкий А. С., Евзеров И. Д., Стрелец-Стрелецкий Е. Б. и др. Метод конечных элементов: теория и численная реализация. Программный комплекс ЛИРА-Windows // К.: Факт, 1997. – 137с.

Аннотация

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ РАМЫ ВЫКАПЫВАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА КОРЕНЕУБОРОЧНОЙ МАШИНЫ

Подгурский М.И., Сташкив М.Я., Барановський В.М., Довбуш Т.А.

Проведен сравнительный анализ напряженно -деформированного состояния несущих конструкций выкапывающих устройств корнеуборочных машин аналитическим методом и методом конечных элементов. Предложено рекомендации по уменьшению металлоемкости конструктивных структур.

Abstract

RESEARCH OF THE TENSELY-DEFORMED STATE OF FRAME OF DIGGING UP DEVICE OF MACHINE

Podgurskiy M.I., Stashkiv V.Y., Baranovskiy V.M., Dovbush T.A.

The comparative analysis of the tensely deformed state of frame of harvester beet is conducted by an analytical method and method of finite elements. Suggestions are given from diminishing of volume of material of frames.

УДК 631.33.02

ВДОСКОНАЛЕННЯ ПНЕВМОМЕХАНІЧНОГО ВИСІВНОГО АПАРАТА ДЛЯ ТОЧНОГО ВИСІВУ НАСІННЯ ПРОСАПНИХ КУЛЬТУР

Петренко М.М., проф., канд. техн. наук, Васильковський М.І., доц., канд. техн. наук, Васильковська К.В., аспірант

Кіровоградський національний технічний університет

Для підвищення ефективності посіву просапних культур запропоновано новий пневмомеханічний висівний апарат, головною особливістю якого є застосування диска з периферійним розташуванням робочих отворів, за якими на його внутрішній поверхні розміщені лопаті для примусового захоплення насіння в робочій камері.

Технологічна ефективність посіву насіння просапних культур визначається, насамперед, показниками його якості та продуктивності, а також рівнем пошкодження насіння. Якісний показник визначає рівномірність розподілу насіння по довжині рядка, який є запорукою одержання високого врожаю. Забезпечення і покращення цих показників залежить від досконалості конструкції висівних апаратів точного висіву.

На основі аналізу роботи і результатів випробування найбільш розповсюджених сучасних висівних апаратів точного висіву було встановлено

ряд характерних їх недоліків [1, 2, 3, 4], а саме:

- недостатня універсальність і підвищений рівень пошкодження насіння механічних висівних апаратів, що обмежує перспективи їх подальшого використання;
- недостатня продуктивність та погіршення нерівномірності висіву насіння при збільшенні швидкості обертання висівного елемента (диска) як механічних, так і пневмомеханічних висівних апаратів;
- недостатня надійність роботи пневмомеханічних висівних апаратів внаслідок недосконалості конструкцій скидачів зайвого насіння та незадовільних умов для звільнення робочих отворів висівних дисків від насіння.

Метою даної роботи є підвищення ефективності точного посіву насіння просапних культур за рахунок усунення означених недоліків шляхом вдосконалення конструкції дискового пневмомеханічного висівного апарату.

Для досягнення поставленої мети нами проведено аналіз означених вище недоліків роботи найбільш розповсюджених сучасних пневмомеханічних апаратів, на основі якого встановлені напрямки їх усунення та запропоновані конкретні технічні рішення вдосконалення їх конструкцій.

Одним з найбільш суттєвих недоліків як механічних, так і пневмомеханічних апаратів точного висіву є їх недостатня швидкісна працездатність, яка обмежує їх продуктивність і, як наслідок, продуктивність посівного агрегату. Встановлено, що гранична швидкість робочих отворів (комірок) висівних дисків, яка забезпечує задовільну якість (рівномірність) розподілу насіннєвого потоку не перевищує 0,3...0,35 м/с – для механічних та 0,5...0,55 м/с – для пневмомеханічних висівних апаратів. Це в 6...8 разів менше раціональних робочих швидкостей руху для відповідних посівних агрегатів. При цьому, наявність цієї різниці швидкостей є головним наслідком подальшого погіршення вихідної рівномірності розподілу інтервалів між насінням в борозні. Усунення цього недоліку вимагає суттєвого підвищення робочих швидкостей висівних дисків до рівня швидкостей руху посівного агрегату. Вирішення цієї задачі пов'язане із забезпеченням нових, більш ефективних умов для надійного захоплення та утримання насіння робочими отворами на підвищених швидкостях обертання висівного диску.

Наступним суттєвим недоліком пневмомеханічних висівних апаратів, що негативно впливає на якісні показники їх роботи – є ненадійність процесу висіву. Вона пов'язана з неефективним видаленням зайвого насіння із робочих отворів висівного диска, а також із наявністю їх засмічення та несвоєчасного звільнення від насіння в зоні висіву. Для усунення цих недоліків і підвищення надійності робочого процесу висіву необхідно вдосконалити як процес скидання зайвого насіння із робочих отворів диска, так і забезпечити більш ефективні умови усунення можливості їх засмічення та затримання їх звільнення від насіння, яке висівається.

Для практичної реалізації результатів даного аналізу і підвищення ефективності точного висіву насіння просапних культур на кафедрі

сільськогосподарського машинобудування Кіровоградського національного технічного університету розроблено і виготовлено дослідний екземпляр нового пневмомеханічного висівного апарата, схема якого представлена на рисунку 1.

Головною особливістю нового висівного апарату є наявність оригінального висівного диска 1 з периферійним розташуванням робочих отворів 2, за якими на його внутрішній поверхні розмішені лопаті 3 для примусового захоплення насіння в робочій камері та подальшого його транспортування до зони скидання.

Висівний диск апарата закріплено на приводному валу 4 і вставлено в циліндричну порожнину корпусу 5, сумісно з якою робочі отвори 2 створюють певні заглиблення для западання насіння під дією тиску зернового шару та перепаду тиску повітря всередині і зовні робочої камери.

Під дією сил тяжіння, тиску зернового шару [5, 6], насінина самостійно вкладається близько до отвору висівного диска, починає рухатись поруч з отвором за допомогою лопаті 3 висівного диска, а для надійного відбору та захоплення насінини використовується повітряний потік.

Захоплення насінини відбувається при першому контакті лопаті 3 з шаром насіння, інші насінини лише підштовхують ту, що вже контактує з лопаттю, глибше до робочого отвору (комірки) 2, де й відбувається її надійне захоплення та присмоктування до отвору за допомогою повітряного потоку та надійне утримання. Далі насінини рухається разом із диском.

Форму робочих отворів на висівному диску виконано з розширенням в радіальному напрямку в бік циліндричної поверхні корпусу, яка замикає їх об'єм та створює нерухомі зовнішні стінки від зони заповнення до зони звільнення (висіву). В зоні висіву, на циліндричній поверхні корпусу виконано висівне вікно 6, яке розкриває робочі отвори диска в цій зоні і забезпечує вільне випадіння насіння до борозни під дією сил тяжіння та відцентрових сил.

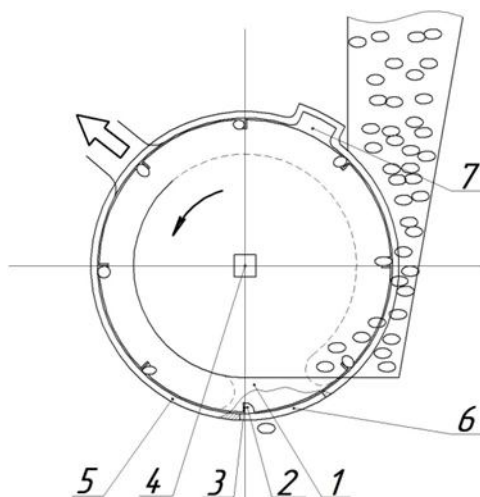


Рис. 1. Схема дослідного пневмомеханічного висівного апарата з розкривною коміркою конструкції КНТУ:

1- висівний диск; 2- робочий отвір; 3- лопать; 4- приводний вал; 5- корпус; 6- висівне вікно; 7- порожнина для видалення зайвого насіння

Для видалення зайвого насіння з робочих отворів диска поряд з ним на верхній частині циліндричної поверхні корпусу, над зоною заповнення виконано спеціальну порожнину 7, в яку западають зайві насінини, відокремлюються від диска, а потім знову потрапляють (падають) в зону заповнення робочої камери.

Запропоноване вдосконалення конструкції пневмомеханічного висівного апарату усуває основні його недоліки, покращує умови і збільшує надійність процесу заповнення робочих отворів висівного диску, підвищує ефективність видалення зайвого насіння та надійності звільнення робочих отворів в зоні висіву. Це забезпечує підвищення швидкості обертання висівного диску та збільшення продуктивності висівного апарата, покращення рівномірності розподілу інтервалів між насінням.

Проведені попередні експериментальні дослідження нового висівного апарату на насінні цукрового буряку та кукурудзи свідчать про його високу працездатність на підвищених швидкостях обертання висівного диску до 3,5 м/с, при забезпеченні задовільної якості висіву насіння та при значно меншому перепаді тиску повітря всередині і зовні робочої камери, яке не перевищує значення 0,5...0,6 кПа.

Отримані результати досліджень запропонованого пневмомеханічного висівного апарату, свідчать про можливість значного підвищення ефективності точного висіву насіння просапних культур і можуть бути використані для створення нового сучасного апарата та його впровадження у виробництво. Для цього дослідження апарата необхідно продовжити з метою подальшого розширення його універсальності стосовно насіння інших просапних культур.

Список використаних джерел:

1. Сисолін П.В., Сало В.М., Кропивний В.М. Сільськогосподарські машини: Теоретичні основи, конструкція, проектування. Книга 1 – Машини для рільництва / Під ред. М.І. Чорновола. –К.: Урожай, 2001. –364 с. Нові конструкції ґрунтообробних та посівних машин / [Бойко А.І., Свірень М.О., Шмат С.І., Ножнов М.М.]. – К., 2003. – 206 с.
2. Сисолін П.В. Висівні апарати сівалок / П.В.Сисолін, М.О. Свірень. – Кіровоград., 2004. – 160 с.
4. Сучасні тенденції розвитку конструкцій сільськогосподарської техніки / В.В. Адамчук, Г.Л. Баранов, О.С. Барановський та ін.; за ред. В.І. Кравчука, М.І. Грицишина, С.М. Ковалюка. – К.: Аграрна наука, 2004. -396 с.
5. Универсальные пневматические высевальные аппараты пропашных сеялок и пути их совершенствования / В.Е.Хорунженко, В.А.Юзбашев, В.М.Гусев [и др.] // Тория и методика создания почвообрабатывающих и посевных машин. – 1996. - С. 87-91.
6. Машини для точного посєва пропашных культур: конструирование и расчет./ [Басин В.С., Брей В.В., Погорельий Л.В. и др.].– К.: Техніка, 1987.–151 с.
7. Зенин Л.С. Исследование пневматического высевального аппарата точного высєва: Автореф. диссерт. кандидата технических наук. / Зенин Л.С. – Алма-Ата, 1962. – 36 с.

Аннотация

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПНЕВМОМЕХАНИЧЕСКОГО ВЫСЕВНОГО АППАРАТА ДЛЯ ТОЧНОГО ВЫСЕВА СЕМЯН ПРОПАШНЫХ КУЛЬТУР

Петренко М.М Васильковський М.І., Васильковська К.В.,

Для повышения эффективности посева пропашных культур предложен новый пневмомеханический высевающий аппарат, особенностью которого является применение диска с периферийным расположением рабочих отверстий, за которыми на его внутренней поверхности размещены лопасти для принудительного захвата семян в рабочей камере.

Abstract

PERFECTION OF PNEUMOMECHANICAL OF SOWING VEHICLE IS FOR SEED-SPACING OF SEED OF THE CULTIVATED CULTURES

Petrenko M.M., Vasilkovskiy M.I., Vasilkovska K.V

For the increase of efficiency of sowing of the cultivated cultures a new pneumomassage seed meter, the feature of which is application of disk with the peripheral location of wormholes' after which on his internal surface blades are placed for the forced capture of seed in a working chamber, is offered.

УДК 631.362

ДО РОЗРОБКИ МЕТОДИКИ ПРОГНОЗУВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ СЕПАРАЦІЇ НАСІННЄВИХ СУМІШЕЙ НА РЕШЕТАХ

Бакум М.В., к.т.н., проф.; Горбатовський О.М. викл.

Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка

Наведена методика прогнозування результатів сепарації насіннєвих сумішей на решетах за показниками пропускної спроможності решета та характеристикою вихідного матеріалу.

Постановка задачі. Ефективність роботи решітних насіннеочисних машин традиційно прийнято оцінювати з точки зору якості розділення насіннєвих сумішей та продуктивності машини. Найбільш значущими критеріями її оцінки є: повнота виділення ξ компонентів суміші; втрати $B_{o.k.}$ основної культури у відхід; вихід W кондиційного насіння; чистота $Ч$ оброблених фракцій насіння або засміченість η очищеного матеріалу та пропускна спроможність p_c решіт [1, 2]. При цьому, перші п'ять величин (ξ , $B_{o.k.}$, W , $Ч$ та η) є критеріями оцінки якості сепарації, а остання – продуктивності машини.

Важливість визначення пропускної спроможності обумовлюється тим, що вона об'єднує елементи вихідного матеріалу, який підлягає обробці, а також установчі та технологічні параметри насіннеочисної машини під час виконання сепарації, пов'язуючи, таким чином, ознаки суміші (розміри та форму компонентів, вологість та засміченість матеріалу) і характеристики решета (розміри решета, а також розмір і форму його отворів) з завантаженням робочих поверхонь, кінематичними параметрами машини та переміщенням шару матеріалу по решетові.

Аналіз попередніх досліджень. В переважній більшості, для визначення пропускної спроможності сепаруючої поверхні використовують величини питомого навантаження на решето. Одна з них q_S являє собою відношення миттєвого навантаження m' матеріалу на решето до одиниці площі S решета, а інша q_B – до одиниці ширини B решета [3, 4]:

$$q_S = \frac{m'}{S}, \text{ кг/(с}\cdot\text{м}^2); \quad (1)$$

$$q_B = \frac{m'}{B}, \text{ кг/(с}\cdot\text{м)}. \quad (2)$$

Причому, $p_c \approx q_S$ (кг/(с·м²)) та $p_c \approx q_B$ (кг/(с·м)). Різниця в одиницях виміру пропускної спроможності фізично пояснюється виконанням вимірів B на нескінченно малій відстані $d\ell$ (за довжиною) ділянки решета.

Проте, зазначений підхід до визначення цього показника не завжди є доречним, оскільки питомі навантаження q_S та q_B залежать не тільки від параметрів решета. Крім того, значення питомих навантажень, що наводяться в науково-технічних джерелах інформації, охоплюють досить великий діапазон, яким незручно користуватися для характеристики окремого матеріалу.

Інший спосіб визначення пропускної спроможності решіт полягає у встановленні товщини h шару матеріалу на робочій площині, з якою показник p_c має безпосередній зв'язок [3]:

$$p_c = \frac{\Delta p_m}{Bh}, \text{ кг/(с}\cdot\text{м}^2); \quad (3)$$

$$\Delta p_m = \frac{m'}{d\ell}, \text{ кг/с, причому } (d\ell, m) \rightarrow 0; \quad (4)$$

$$h = \frac{m'}{B\vartheta\gamma}, \text{ м}, \quad (5)$$

де Δp_m – миттєве місцеве навантаження матеріалу на решето, кг/с;
 ϑ – швидкість руху компонентів матеріалу по решету, м/с;
 γ – натура насінневої суміші, кг/м³.

При цьому, досить поширеними способами визначення товщини шару насінневого матеріалу під час роботи сепаратора є візуальне спостереження за розподілом компонентів суміші на робочій поверхні, а також вимірювання

товщини шару за рахунок використання традиційних (лінійка, спиця, штангенциркуль, плавун) та спеціальних вимірювальних засобів. Перший спосіб передбачає заглиблення вимірювального приладу, наприклад, спиці, лінійки штангенциркуля або голки плавуну у матеріал перпендикулярно до робочої поверхні решета в точці проведення досліджень [5, 6]. Проте, визначення товщини шару таким способом з використанням зазначених приладів є надзвичайно незручним та неточним, що пов'язано як з людським фактором, так і з конструктивними особливостями насіннеочисної машини та виконанням вимірювань під час реалізації технологічного процесу сепарації.

Найбільш прогресивний спосіб отримання величини розподілення матеріалу по решету забезпечується за рахунок використання решітного стану сепаратора з однією прозорою поздовжньою боковиною, ззовні якої встановлюється засіб відеофіксації для більш точного вимірювання величини h . Методика визначення товщини шару за даним способом заснована на спеціальній математичній обробці фотографічних зображень шару насіння в стані розпушування, отриманих за рахунок обробки даних відеоапаратури [7]. Проте, визначення пропускної спроможності зазначеним способом пов'язане з певною неточністю, що обумовлена накладанням на результат вимірювань h похибки засобів відеофіксації, зокрема, через наявність фокусу об'єктиву відеоапаратури.

Більш точне визначення пропускної спроможності p_c , на нашу думку, можна забезпечити за рахунок визначення товщини шару матеріалу за шкалами градуйованих сіток, нанесених на зовнішній поверхні прозорої боковини решітного стану та внутрішній поверхні, що протилежна прозорій, шляхом співставлення сіток шкал. При цьому, обидві шкали сіток необхідно розміщувати під тим самим поздовжнім кутом нахилу до горизонту, що і решето решітного стану, а засіб відеофіксації змонтувати на одному рівні з робочою площиною решета таким чином, щоб забезпечити можливість охоплення зйомки певної частини поверхні решета. Для підвищення чіткості відеоспостереження додатково можуть бути долучені освітлювальні лампи, що слід встановити над решетом на висоті не нижче 20 см від його площини, з фокусуванням світла перпендикулярно до робочої поверхні решета. Процес визначення товщини шару матеріалу запропонованим способом передбачає забезпечення усталеного переміщення компонентів суміші по решетові, відповідно до встановленого режиму роботи насіннеочисної машини, запис технологічного процесу сепарації суміші засобами відеофіксації, розбиття відеозапису на окремі кадри з наступним їх переглядом і аналізом за рахунок співставлення шкал на боковинах стану та остаточну обробку отриманих даних.

Проте, незважаючи на чисельні переваги останніх двох способів, вони, так само як і попередні, мають ряд суттєвих недоліків, що пов'язані зі складнощами аналізу даних відеофіксації та обчислення пропускної спроможності решіт за виразом (3). Оскільки швидкість руху компонентів матеріалу по решетові та натура насінневої суміші залежать від завантаження решета та інтенсивності сегрегації часточок матеріалу всередині шару суміші, то про величину просівання можна судити виключно по середніх значеннях

зазначених показників, а тому і навантаження матеріалу на решето буде розглядатися не як місцеве миттєве, а як усереднена характеристика для певної ділянки решета.

Мета досліджень. Сформувати методика коректного визначення пропускної спроможності решіт існуючих насіннеочисних машин та дослідити можливість її використання для визначення впливу установчих параметрів решітних станів з плоскими решетами, що виконують коливних рух у напрямку найбільшої вісі симетрії, на ефективність розділення насіння сільськогосподарських культур.

Результати досліджень. Показник пропусної спроможності та величина розподілу товщини шару насінневої суміші на решеті визначаються, здебільшого, лише для одного решета або одного ярусу решіт решітного стану. Вимірювання товщини шару матеріалу одночасно для декількох ярусів решіт вимагає великих матеріальних та фізичних витрат. Крім того, такий підхід обмежується багатьма чинниками, такими як розміщення решіт в решітному стані, механізми їх кріплення та приводу; способи виготовлення та розміри окремого решета; тип машини та характер коливань тощо. Тому, встановлення товщини шару для декількох ярусів решіт може виконуватись, як виняток, лише послідовно для окремо взятого решета.

Відповідно до вищезазначеного, обчислення пропускної спроможності насінневої суміші виконували тільки для одного ярусу решіт.

Визначення зазначеного показника здійснювали на насіннеочисній машині з коливним решітним станом. В якості машини для досліджень використали 3-х ярусний сепаратор СМ-0,15 ВІМ з одинарними решетами, в якому встановлювалося лише одне решето – середнє 9, що мало виконувати функцію не сортувального, як передбачено заводом-виробником, а підсівного, як найбільш вагомого під час визначення ефективності процесу сепарації, забезпечуючи відокремлення від основної культури дрібної фракції та домішок шляхом їх просівання. В решітному стані, крім зазначеного решета, встановлювався його кульковий очисник 11, передбачений заводською комплектацією машини (рис. 1).

Верхнє решето 8 для відокремлення крупних домішок, а також підсівне разом з його кульковим очисником були вилучені з сепаратора. В напрямних верхнього решета встановили похилу дошку з метою збільшення відстані для розосередження та сегрегації компонентів суміші, а для визначення ефективності їх просівання під блоком “середнє (сортувальне) решето 9 – кульковий очисник 11 решета” розмістили приймачі продуктів просівання 16 та дошку 21 попереднього розділення суміші, що не передбачені заводською комплектацією сепаратора. З метою зменшення похибки обчислень та зниження впливу зміщення окремих компонентів суміші під час їх проходження крізь отвори решета відносно встановлених приймачів 16, що пов’язане з режимом коливань решітного стану, ударною взаємодією крайок отворів решета 9 та компонентів суміші під час їх просівання, а також наявністю позовжнього нахилу решета, визначили, що робоча внутрішня ширина $v_{пр}$ приймачів 16 має бути не менше, ніж $2A - 3\sigma_A$ (де $A = 9$ мм –

амплітуда коливань решітного стану; $\sigma_A = 0,95$ мм – середнє квадратичне відхилення амплітуди коливань), тобто 17 мм. При цьому, для визначення пропускної спроможності на всій робочій поверхні решета 9, сумарна ширина приймачів 16 – $v_{\text{пр, сум}}$ не повинна перевищувати робочої довжини решета $L_p = 645$ мм. У зв'язку з цим, для достовірності характеристики просівання по довжині решета та за кратністю L_p , кількість приймачів 16 прийнята 6 шт (I – VI), для яких зовнішня ширина дорівнює 100 мм, а внутрішня – $v_{\text{пр}} = 94$ мм. З метою забезпечення перекриття всієї робочої довжини L_p решета 9 та охоплення підрешетного простору, всі приймачі 16 з'єднали поздовжніми планками, що одночасно відіграють роль розділювачів-обмежувачів. Таким чином, робоча ширина $v_{\text{пр}}$ кожного приймача збільшилася до 107,5 мм. Для запобігання переміщення приймачів відносно решета, їх встановлювали у фіксуючій рамці 10, яку закріплювали у решітному стані. Довжина приймачів $l_{\text{пр}}$ продуктів просівання I – VI (рис. 1) вибиралася такою, що дорівнює робочій ширині решета 9 в межах окреслених його рамкою, – $B_p = 220$ мм, Конструктивна ширина решета 9, закріпленого в рамці становить $B = 268$ мм.

Всмоктувальні канали 4, 5 першої та другої аспірації під час досліджень не використовувалися, щоб обмежити вплив аеродинамічних властивостей компонентів матеріалу на якість їх розділення (просівання). Для збирання сходової фракції решета 9 був задіяний приймач 14.

Процес визначення пропускної спроможності виконували в такій послідовності. Спочатку, на підставі вимірювань розмірних характеристик компонентів суміші та побудованих варіаційних кривих визначалася можливість розділення насінневого матеріалу за розмірами, зокрема за ознаками ширини та товщини. Далі, за умов позитивного результату щодо можливості такого розділення, визначали форму та розмір отворів решета, що забезпечить найкраще просівання, і встановлювали його разом із рамкою та очисником в напрямні для “сортувального” блоку насіннеочисної машини. Під “підсівним” блоком по всій довжині на скатній дошці 20 розміщували фіксуючу рамку 10 з приймачами I – VI для просіяного матеріалу. Над приймачами I – VI встановлювалася дошка 21 попереднього розділення, що призначалася для збирання просіяного крізь решето 9 матеріалу від початку запуску сепаратора до моменту завантаження всього решета та встановлення усталеного руху компонентів суміші.

Оптимальні значення швидкості v та прискорення j коливань решітного стану визначалися за умов зміни частоти ω при незмінній амплітуді коливань A решітного стану. Саму частоту ω коливань підбирали на підставі паспортних даних заводських рекомендацій до машини [8] з уточненням відповідно до конкретного насінневого матеріалу та визначали як оптимальну для розділення певної суміші виконанням додаткових експериментальних досліджень.

Подача Q вихідного матеріалу встановлювалася згідно рекомендацій провідних вчених [2 - 4] щодо забезпечення оптимального режиму роботи з гранично допустимим питомим навантаженням на решето для певної культури. При цьому, в якості робочого розглядали режим змішаного (тобто повного та часткового) завантаження решета [3].

Кут спрямованості коливань ε , обумовлений конструктивним виконанням і пов'язаний, в основному, з кутом β нахилу опорів-підвісів по відношенню до нормалі, встановленої до столу решітного стану, залишався без змін ($\varepsilon = 8,0^0$). А характер його впливу на процес розділення визначався за рахунок зміни кута поздовжнього нахилу $\alpha_{\text{позд}}$, встановленого решета, до горизонту:

$$\varepsilon = \alpha_{\text{позд}} + \beta, \text{ град.} \quad (6)$$

Регулювання кута поздовжнього нахилу решета здійснювали за рахунок підйому однієї частини рами 1 насіннеочисної машини з використанням домкрату 26, шляхом встановлення під опорні колеса 23 з одного боку або під гвинтовий механізм 25 – з іншого, – регулювальних підставок 27, в межах $\alpha_{\text{позд}} = 0 - 9,0^0$.

Оскільки оптимальний кут нахилу $\alpha_{\text{позд}}$ решета, як з'ясували [9, 10], є відмінним для різних культур і таким, що не завжди відповідає рекомендованим даним, а також у зв'язку із тим, що він визначає кінематичний режим роботи сепаратора, то саме $\alpha_{\text{позд}}$ і розглядався в якості основного показника досліджень з визначення впливу установчих параметрів на ефективність просівання компонентів суміші та пропускну спроможність насіннеочисної машини в цілому.

Дослідження з визначення пропускну спроможності та впливу на неї кута нахилу $\alpha_{\text{позд}}$ виконували для насінневої суміші ярого ріпаку сорту "Каргілл" першої репродукції, засміченого подрібненим насінням ріпаку, а також насінням проса курячого та мишію сизого.

Насіння основної культури в даній суміші становило 87,03%, насіння подрібненого ріпаку – 6,38%, а насіння бур'янів – 6,59% (1385 шт/кг) від маси вихідного матеріалу: проса курячого – 2,21% (360 шт/кг), а мишію сизого – 4,38% (1025 шт/кг), відповідно. Вологість вихідного матеріалу 10,5%.

Згідно варіаційних кривих розподілу розмірних характеристик визначили, що найбільш ефективно насіння проса курячого та мишію сизого можна відокремити з насінневої суміші ріпаку на решетах з прямокутними отворами шириною 1,5 мм. Пропускну спроможність p_c визначали за довжиною решета з використанням формули:

$$p_c = \frac{\Delta p'_m}{B_p \rho_{\text{пр}}}, \text{ кг/(с} \cdot \text{м}^2), \quad (7)$$

де $\Delta p'_m$ – сумарна маса проходивої фракції виділена до приймачів I - VI продуктів сепарації за одиницю часу, кг/с.

Відповідні результати ефективності просівання матеріалу наведені на рис. 2.

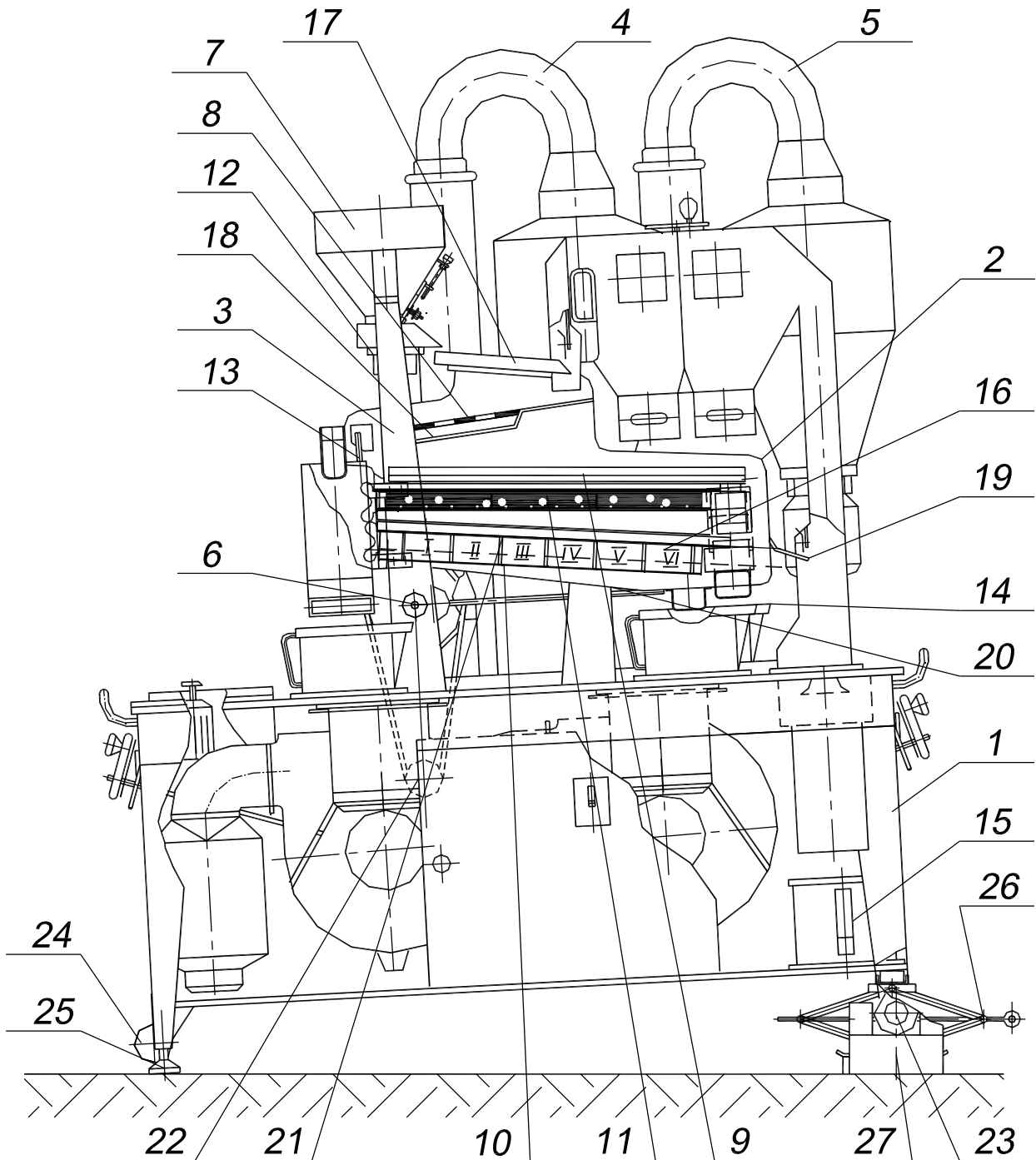


Рис. 1 – Конструктивна схема насіннеочисної машини з регулюванням нахилу решіт:

1 - рама машини; 2 - стан решітний; 3 - станина; 4, 5 - канали аспіраційні (перший та другий); 6 - механізм приводу решітного стану ексцентриковий; 7 - бункер з регульовальною заслінкою; 8 - решето без рамки; 9 - решето з рамкою; 10 - рамка фіксуюча; 11 - очисник кульковий середнього решета; 12 - живильник електровібраційний; 13 - опора-підвіс решітного стану; 14, 15, 16 - приймачі продуктів розділення; 17 - дошка розподілу вихідного матеріалу; 18, 19, 20 - дошки скатні похилі; 21 - дошка попереднього розділення; 22 - електродвигун приводу ексцентрикового механізму; 23, 24 - колеса рами машини опорно-пересувні: 23 - колесо опорне ; 24 - колесо поворотне ; 25 - механізм гвинтовий горизонтального положення станини; 26 - домкрат; 27 - підставки регульовальні

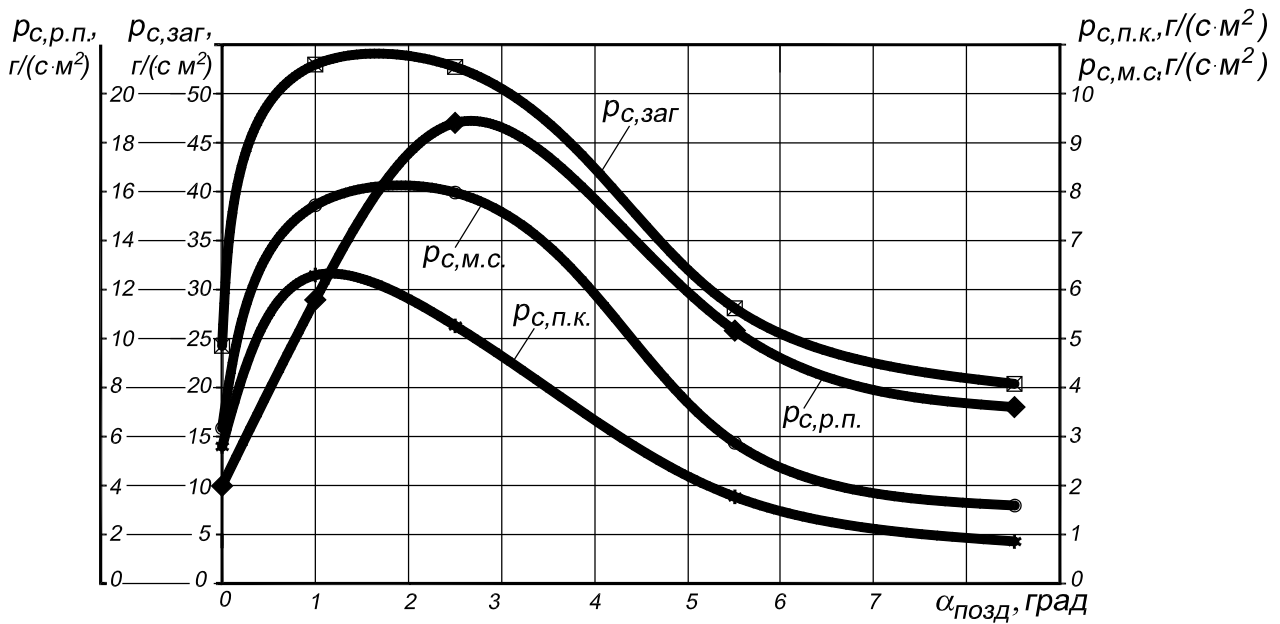


Рис. 2 – Вплив кутів поздовжнього нахилу до горизонту на показники пропускної спроможності решета:

$\rho_{c, \text{заг}}$ – загальна пропускна спроможність насінневої суміші; $\rho_{c, \text{р.п.}}$ – пропускна спроможність ріпаку подрібненого; $\rho_{c, \text{п.к.}}$ – пропускна спроможність проса курячого; $\rho_{c, \text{м.с.}}$ – пропускна спроможність мишію сизого

Оптимальними параметрами для забезпечення максимального просівання компонентів насінневої суміші ріпаку у проходову фракцію на решетах з прямокутними отворами шириною 1,5 мм є наступні: подача вихідного матеріалу $Q = 36,0$ кг/год; амплітуда коливань решітного стану $A = 9$ мм, частота коливань решітного стану $\omega = 350,0$ кол/хв; кут поздовжнього нахилу решета до горизонту:

- для насінневої суміші ріпаку $\alpha_{\text{позд}} = 1,65^{\circ}$, що відповідає $\rho_{c, \text{заг}} = 54,11$ г/(с·м²);
- для насіння ріпаку подрібненого $\alpha_{\text{позд}} = 2,67^{\circ}$, що відповідає $\rho_{c, \text{р.п.}} = 18,89$ г/(с·м²);
- для насіння проса курячого $\alpha_{\text{позд}} = 1,18^{\circ}$, що відповідає $\rho_{c, \text{п.к.}} = 6,33$ г/(с·м²);
- для насіння мишію сизого $\alpha_{\text{позд}} = 1,93^{\circ}$, що відповідає $\rho_{c, \text{м.с.}} = 8,13$ г/(с·м²).

Відповідно, результати експериментальних досліджень з визначення пропускної спроможності ρ_c (рис. 2) підтверджують вплив основних параметрів, зокрема кутів поздовжнього нахилу решета до горизонту, насіннеочисної машини з плоскими решетами на ефективність процесу розділення насінневих сумішей ріпаку [11].

Таким чином, за характеристиками вихідного матеріалу та показниками пропускної спроможності, в тому числі, загального проходу $\Pi_{\text{заг}}$ для $\rho_{c, \text{заг}}$, проходу подрібненого ріпаку $\Pi_{\text{р.п.}}$ для $\rho_{c, \text{р.п.}}$ і проходу окремих компонентів суміші: проса курячого $\Pi_{\text{п.к.}}$ для $\rho_{c, \text{п.к.}}$ та мишію сизого $\Pi_{\text{м.с.}}$ для $\rho_{c, \text{м.с.}}$, можна

прогнозувати рівень критеріїв оцінки якості розділення насіння сільськогосподарських культур.

Висновки. Розроблена методика прогнозування якості розділення насінневих матеріалів та продуктивності решітного сепаратора, на прикладі суміші ріпаку з використанням насіннеочисної машини з тихохідним решітним станом, за показниками пропускної спроможності решета та характеристикою вихідного матеріалу.

Список використаних джерел:

1. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. – Т. 3, розділ 7 “Очистка і сортування насіння”. – Харків: Око, 2006. – 408 с.
2. Кожуховский И.Е. Зерноочистительные машины. Конструкции, расчет и проектирование. Изд. 2-е, перераб. – М.: Машиностроение, 1974. – 200 с.
3. Терсков Г.Д. Расчет зерноуборочных машин / По ред. К.Г. Колганова. – Изд. 2-е, перераб. – М.-Свердловск, 1961. – 216 с.
4. Гладков Н.Г. Зерноочистительные машины. - Л.: УПП Ленсовнархоз, 1961. – 368 с.
5. Дюндик С.М. Дослідження процесу очищення плоских решіт зерноочисних машин та обґрунтування параметрів очисників з комбінованими робочими органами: Автореф. дис. к.т.н. – Харків: ХДТУСГ, 1998. – 18 с.
6. Зильбернагель А.В. Интенсификация процесса сепарации зерна на плоских решетках с продолговатыми отверстиями, расположенными под углом: Дис. к.т.н. – Омск, 2005. – 149 с.
7. Півень М.В. Обґрунтування параметрів процесу решітного сепарування зернових сумішей: Автореф. дис. к.т.н. – Харків: ХНТУСГ ім. П.Василенка, 2006. – 23 с.
8. МЗОК ВИМ. Семейоочистительная машина СМ-0,15. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. – М.: ЦОПКБ ВИМ, 1989. – 28 с.
9. Бакум Н.В., Горбатовский А.Н. Интенсификация сепарации мелкосеменных смесей на решетках зерноочистительных машин // Материалы конференции “Проблемы сельскохозяйственного производства на современном этапе и пути их решения”. – Белгород: Изд-во БелГСХА, 2009. – С. 177.
10. Бакум М.В., Горбатовський О.М. Результати порівняльних випробувань решітного сепаратора із змінним нахилом решіт на сортуванні насіння огірків // Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка: Наукове фахове видання в 2-х т. – Вип. 93. “Механізація сільськогосподарського виробництва”. – Т. 1. – Харків: Вид-во ФОП Черв’як В.Є., 2010. – С. 176 - 181.
11. Бакум М.В., Горбатовський О.М. Дослідження процесу розділення насінневих сумішей ріпаку на плоских решетках // Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка: Наукове фахове видання в 2-х т. – Вип. 75 “Механізація сільськогосподарського виробництва”. – Т. 1. – Харків: Вид-во ЧП Червяк, 2008. – С. 50 - 59.

Аннотация

К РАЗРАБОТКЕ МЕТОДИКИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ СЕПАРАЦИИ СЕМЕННЫХ СМЕСЕЙ НА РЕШЕТАХ.

Бакум Н., Горбатовский А.

Приведена методика прогнозирования результатов сепарации семенных смесей на решетках за показателями пропускной способности решета и характеристикой исходного материала.

Abstract

TO THE DEVELOPMENT OF RESULT PROGNOSTICATION METHOD OF GRAIN MIXTURE SEPARATION ON SIEVES

M. Bakum, O. Horbatovsky

The method of result prognostication of grain mixture separation on sieves after the indexes of sieve carrying capacity and description of initial material is resulted.

УДК 631.356.2

ДИНАМІКА ВИКОПУВАННЯ КОРЕНЕПЛОДІВ РОБОЧИМ ОРГАНОМ ТИПУ «СКОБА» ТА ВИЗНАЧЕННЯ ЇЇ ПАРАМЕТРІВ

С.П. Сокол, ст. викл.

Дніпропетровський державний аграрний університет

Розглянуто процес викопування коренеплодів скобою і її взаємодія з ґрунтом. Надані рекомендації щодо конструктивних параметрів нового робочого органу.

Постановка проблеми і аналіз останніх досліджень. Конструктивний перелік робочих органів які сьогодні використовуються для викопування коренеплодів або обробітку ґрунту, досить різноманітний. В існуючих технологічних схемах коренезбиральних машин вітчизняного та закордонного виробництва викопування коренеплодів відбувається площинними деформаторами, які менш інтенсивно розпушують шар ґрунту який армований корінням. Процес викопування коренеплодів складається як мінімум з двох операцій – руйнування ґрунту робочою поверхнею копача та створення зусилля для видалення коренеплодів на денну поверхню. Такі умови створюють декілька типів копачів: лемішкові, дискові, роторні тощо. Теорію проектування та конструювання таких викопуючих робочих органів викладено в наукових працях [1 – 6]. Проте розроблені теорії не поширюються на викопуючі робочі органи, що конструктивно мають форму скоби.

Під час викопування, очищення коренеплодів від ґрунту відбувається на робочих органах для сепарації, але при цьому відбувається травмування самого продукту урожаю, що недопустимо в першу чергу для тих культур які будуть закладатись на зберігання, прикладом є коренеплоди моркви. У зв'язку з цим і виникла ідея інтенсивного обтиснення коренеплодів шаром ґрунту ще в моноліті до їх підймання на денну поверхню для наступної сепарації. Шар ґрунту в даному разі виконує функцію демпфера, через який буде „м'яко“ передаватись тиск від викопувального робочого органу, що матиме U-подібну форму скоби, для запобігання травмуванню коренеплодів [7, 8].

Метою даної роботи є дослідити процес викопування коренеплодів новим робочим органом типу скоба, його використання для більш ефективного видалення коренів на денну поверхню з мінімальним їх травмуванням. Визначення геометричних параметрів скоби.

Основна частина. Процес викопування скобою характеризується перш за все тим, що коренеплід відрізається від стержньового кореня нижньою ріжучою ділянкою скоби на глибині її занурення в ґрунт. Оскільки нижня ділянка скоби являє собою клин розглянемо процес взаємодії клина з ґрунтом при наявності в ньому коренеплоду. За основу розрахункової моделі клина з ґрунтом прийнята схема запропонована В.П. Горячкіним [9].

При різанні поверхневого шару ґрунту рухомих клином елементи ґрунту 1, 2, 3, які взаємодіють з клином (рис. 1.), утворюються з матеріалу, що має початкову форму паралелограма $ABCD$. Горизонтальне переміщення клина по лінії AD супроводжується зминанням і кришенням ґрунту в об'ємі обмеженому паралелограмом $ABCD$, який деформується, і приймає форму A_1BCD і з часом займає місце першого елемента на клині.

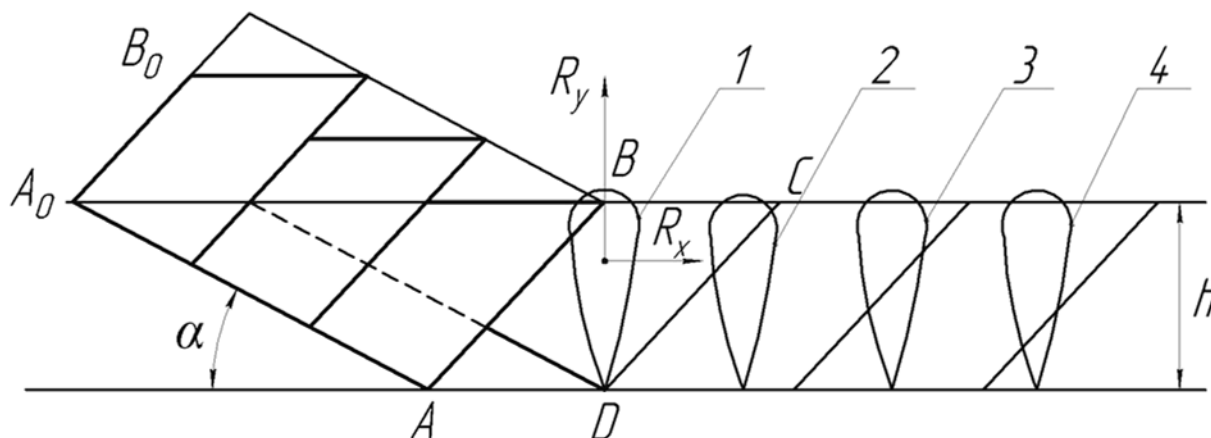


Рис. 1. Схема до математичної моделі викопування коренеплоду скобою

Розглядаючи процес викопування коренеплоду скобою відмітимо, що процес взаємодії клина з буряком посередництвом ґрунту починається в той момент, коли клин дійде до точки A (рис. 1.), а лінія сколювання AB перетне буряк. Горизонтальне переміщення клина по лінії AD супроводжується зростанням натиску на буряк. Приймаючи до уваги схему сил, що діють на ґрунт під час руху клина, яка запропонована в роботі [10], будемо вважати, що

на буряк частково передаються усі сили, що діють на об'єм в якому коренеплід знаходиться. На схемі (рис. 1.) ці сили умовно показані двома складовими R_x і R_y , прикладеними до центра ваги коренеплоду. Очевидно, що горизонтальна складова R_x буде зміщувати буряк по ходу клина, ущільнюючи ґрунт справа від коренеплоду і викликаючи відповідну реакцію, що урівноважує її до моменту зрушення підрізаного масиву ґрунту вздовж лінії сколювання CD .

Вертикальна складова R_y забезпечує видалення буряка на поверхню після його відрізання знизу від стержньового кореня. На схемі (рис. 1.) наведені можливі випадки початку процесу видалення. В першому випадку буряк знаходиться між двома лініями сколювання, підрізується клином і виноситься на поверхню разом з розкришеним масивом ґрунту. Масив піднімається на поверхню «обминаючи» коренеплід (другий випадок), який в незначній мірі перетнула лінія сколювання CD . Випадок третій – теоретичний – лінія сколювання пройшла через буряк. Як показує практика викопування, сколювання відбувається завжди нижче, в районі достатнього звуження тіла буряка – випадок четвертий. Очевидно що в цьому випадку буряк попадаючи в площину сколювання не завадить зсуву так як у третьому випадку. Розглянемо, чи не можливе в цьому випадку руйнування коренеплоду. Нехай відома вертикальна сила F , яка може вирвати буряк розірвавши його корінь. Напруження, які виникають при цьому визначаються як

$$\sigma_{\max} = \frac{F}{A_0}, \quad (1)$$

де A_0 – площа перерізу коренеплоду.

Будемо вважати, що нижче перерізу $A-A$ на схемі наведеній на рис. 2. не розкришений ґрунт забезпечує жорстке закріплення коренеплоду. Буряк виноситься на поверхню в напрямку паралельному площині зсуву під кутом ψ до горизонту силою R_1 прикладеною в центрі ваги. Максимальні напруження в перерізі $A-A$ будуть визначатись як результат дії осьової сили R_x і згинального моменту $M = R_x(y_c - y)$.

Прийmemo за R_y силу достатньо для того щоб розірвати корінь, тобто $F = \sigma_{\max} A_0$, тоді $R_x = \frac{F}{\operatorname{tg} \psi}$.

Для максимальних напружень в небезпечному перерізі отримаємо

$$\sigma = \frac{F}{A} + \frac{M}{W}, \quad (2)$$

де A – площа небезпечного перерізу ($A = \pi r^2$);
 W – момент опору ($W = \pi d^3 / 32$).

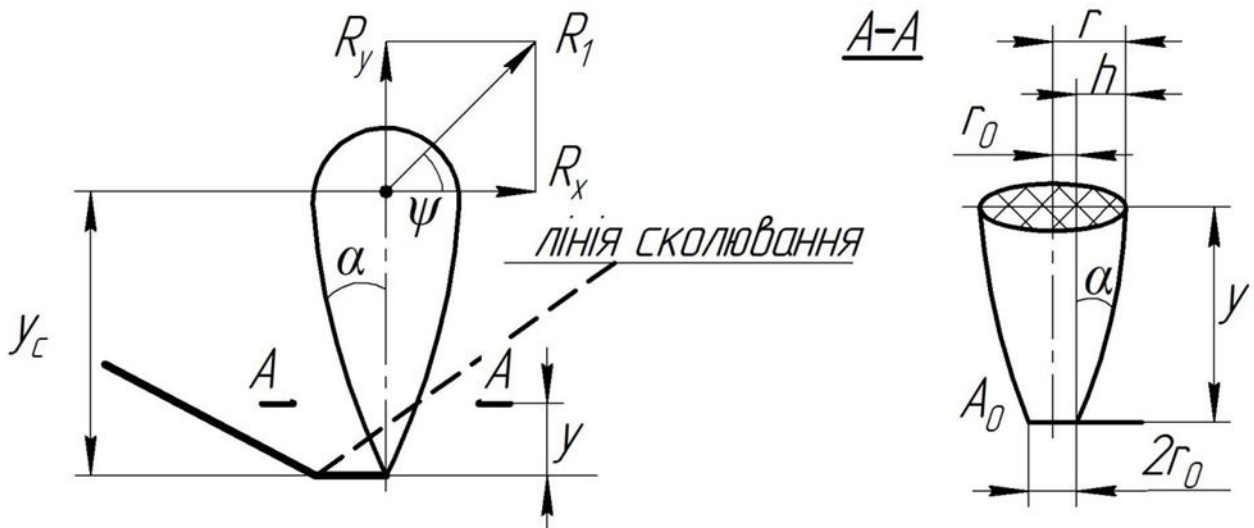


Рис. 2. Схема до розрахунку напружень в небезпечному перерізі коренеплоду

Таким чином

$$\sigma = \frac{F}{A} + \frac{F(y_c - y) \cdot 32}{\text{tg}\psi \pi \cdot d^3} = \frac{F}{A} + \frac{F(y_c - y) \cdot 8}{A \text{tg}\psi \cdot d},$$

або

$$\sigma = \frac{F}{A} \frac{A_0}{A} \left[1 + \frac{8(y_c - y)}{\text{tg}\psi \cdot d} \right] = \sigma_{\max} \frac{A_0}{A} \left[1 + \frac{8(y_c - y)}{\text{tg}\psi \cdot d} \right]. \quad (3)$$

Якщо в отриманому виразі коефіцієнт біля σ_{\max} має значення більше або рівне одиниці то в розглянутому перерізі буряка можливе руйнування. Якщо $b = \frac{A_0}{A} \left[1 + \frac{8(y_c - y)}{\text{tg}\psi \cdot d} \right] < 1$, то при достатньо розкришеному ґрунті корінь буряка розірветься і почнеться вилучення його на поверхню.

По В.П. Горячкіну кут нахилу площини сколювання

$$\psi = \frac{\pi}{2} - \frac{\alpha + \varphi + \varphi^1}{2}, \quad (4)$$

де φ – кут тертя шару ґрунту по поверхні клина ($\varphi = 40 - 50^\circ$);

φ^1 – кут внутрішнього тертя ($\varphi^1 = 15 - 45^\circ$);

На рис. 3. наведена залежність коефіцієнта „b“ від положення площини зсуву відносно осі буряка. При розрахунку значень коефіцієнта b приймалось $\psi = 45^\circ$; довжина буряка – 250 мм, його конусність $\alpha_6 = 15^\circ$.

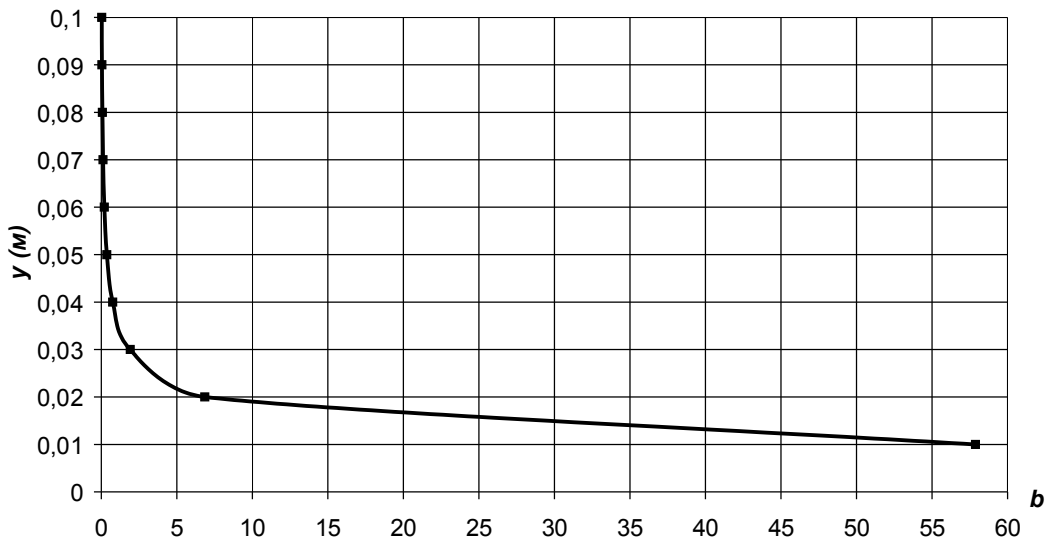


Рис. 3. Схема до визначення положення небезпечного перерізу буряка при викопуванні ($y = 0,043$ для $b = 1$)

Як видно з наведеної кривої коефіцієнт b стає меншим за одиницю для $y \leq 4,3$ см. Це значить, що у випадку коли площина сколювання перетинатиме буряк на відстані $y \leq 4,3$ см від площини підрізання коренеплід в достатньо твердому і не розкришеному ґрунті може зруйнуватись. Щоб запобігти руйнуванню пасивною скобою можна рекомендувати внести зміну в конструкцію клина приєднавши до його переднього підрізаючого краю горизонтальне лезо шириною $l = h_k \cdot ctg\psi$, де h_k – критична висота. Для наведеного прикладу цю критичну висоту слід прийняти рівною 4,3 см. Підрізаний буряк потрапивши на лінію сколювання не буде руйнуватись, в зв'язку з тим, що в небезпечному перерізі напруження стануть меншими і крім того ґрунт в зоні нижньої частини коренеплоду буде частково розкришений горизонтальним лезом.

Для визначення кута нахилу α при відомих значеннях кутів φ , φ^1 , ширини клина b , заглиблення скоби H і швидкості горизонтального переміщення \mathcal{V} скориставшись формулами для визначення опору переміщення скоби можна буде з'ясувати для якого α він буде мінімальний [10].

Як показують лабораторні та польові випробування скоби, основною робочою частиною якої є леміш і його „висота“ h_k може бути меншою заглиблення H скоби, яке визначається довжиною коренеплоду (рис. 4.).

При викопуванні коренеплід разом з розкришеним масивом $ABCD$ буде підійматись по лемешу вздовж лінії сколювання DC . На виході із скоби масив ґрунту, в якому знаходиться коренеплід, взаємодіючи своєю бічною поверхнею з поверхнею скоби та з ґрунтом після виходу зі скоби гальмує свій рух в указаному напрямі. Коренеплід до останньої точки взаємодії з скобою зберігає швидкість V_0 , яку надає йому скоба. Як показано раніше [10]

$$V_0 = V \sin(\psi + \alpha) / \sin\psi.$$

Якщо передбачити продовження клина після виходу з скоби приблизно на половину діаметра коренеплоду, то останній можна вважати вільним від «обіймів» скоби і його рух в напрямі лінії сколювання буде стримувати тільки сила тертя, від «гідростатичного» тиску ґрунту, яким можна нехтувати в зв'язку з тим, що форма коренеплоду конусна і він уже піднятий в верхню точку скоби а в'язі з ґрунтом, який навколо нього уже гальмується, порушені.

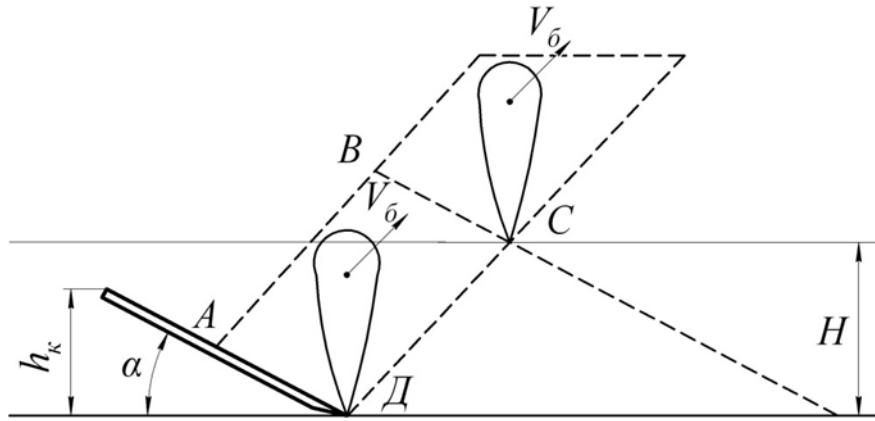


Рис. 4. Схема руху коренеплоду при викопуванні скобою

Розглядаючи рух коренеплоду кинутого під кутом ψ до горизонту (рис. 5.), маємо диференціальне рівняння руху в напрямку осі OY : $m\ddot{y} = -mg$, звідки

$$\dot{y} = -gt + V_0 \sin \psi; \quad y = \frac{-gt^2}{2} + V_0 \sin \psi \cdot t.$$

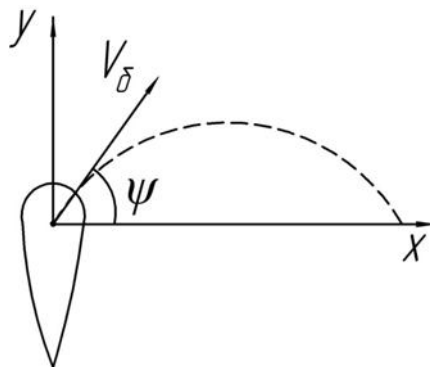


Рис. 5. Схема до розрахунку швидкості руху коренеплоду при його виштовхуванні клином з ґрунту

Час за який коренеплід злетить на максимальну висоту y_{\max} , $T = \frac{V_0 \sin \psi}{g}$.

Таким чином, якщо вважати за достатнє винесення коренеплоду на денну поверхню на висоту що дорівнює $2/3$ його довжини, та загальну довжину лемеша можна зменшити, визнавши її через h_k з формули:

$$h + \frac{1}{3}H - y_{\max} = H, \quad l = \left(\frac{2}{3}H - y_{\max} \right) / \sin \alpha. \quad (5)$$

Інші розміри скоби призначаються конструктивно і перевіряються на міцність. На рис. 6. показані основні складові елементи скоби – ріжучий леміш 1, який з'єднує бокові стояки-ножі 2, що мають різальну кромку. Конструкція скоби характеризується тим, що стояк-ножі являють собою криволінійну розгорнуту поверхню при цьому розвернуті назустріч руху на деякий кут δ . Кріплення стояків з лемешем виконано шарнірно при цьому є можливість зміни кута сходження стояків γ , та кута атаки лемеша α .

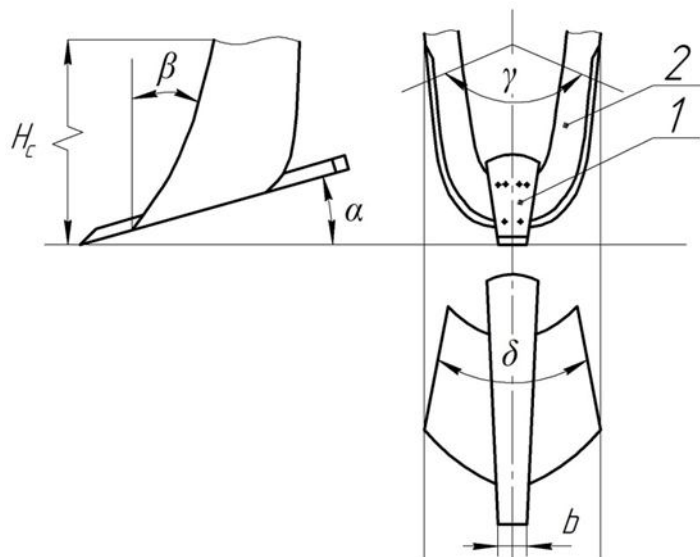


Рис. 6. Схема до визначення геометричних параметрів скоби:

1 – леміш; 2 – боковий стояк скоби

Очевидно, що кут γ призначається відповідно до профілю коренеплоду (приблизно 30°); ширина клина b – розмір технологічний; габаритний розмір скоби по висоті – H_c – розмір конструктивний.

Висновки. 1. Проведено аналіз процесу викопування коренеплодів новим копачем типу «скоба».

2. Наведені рекомендації до визначення довжини лемеша копача на основі аналізу процесу видалення коренеплоду з ґрунту.

3. Передбачені зміна конструкції скоби на підставі аналізу можливого руйнування буряка при викопуванні, яка полягає в тому що ріжучий кінець лемеша має горизонтальне лезо, ширина якого визначається з умови не руйнування буряка.

Список використаних джерел

1. Погорелый Л.В. Свеклоуборочные машины (конструирование и расчет) / Л.В. Погорелый, Н.В. Татьянко, В.В. Брей и др.; под общ. Л.В. Погорелого // – К.: Техніка, 1983. – 168 с.
2. Хвостов В.А. Машины для уборки коренеплодов и лука (теория, конструкция, расчет) / В.А. Хвостов, Э.С. Рейнгарт // – М. : ВИСХОМ, 1995. – 391 с.

3. Гевко Р.Б. Підвищення функціонально-експлуатаційних параметрів і виробниче впровадження викопувально-очисних пристроїв бурякозбиральних машин: дис... доктора техн. наук по спеціальності 05.20.04 «Сільськогосподарські та меліоративні машини». / Р.Б. Гевко // – Тернопіль, 1997. – 348 с.
4. Гевко Р.Б. Напрямки вдосконалення бурякозбиральної техніки. / Р.Б. Гевко, І.Г. Ткаченко, С.Р. Синій, В.М. Булгаков // – Луцьк: Вид-во ЛДТУ, 1999. –168 с.
5. Погорельий Л.В. Свеклоуборочные машины: история, конструкция, теория, прогноз / Л.В. Погорельий, Н.В. Татьянако // – К.: Феникс, 2004. – 232 с.
6. Булгаков В.М. Теорія бурякозбиральних машин: Монографія. / В.М. Булгаков // – К.: НАУ, 2005. – 245 с.
7. Пат. № 43775 Україна, МПК А 01D 25/04. 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 04143; заявл. 27.04.2009; опубл. 25.08.2009, Бюл. № 16.
8. 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.
9. Горячкин В.П. Собрание сочинений: Изд. 2-е. / В.П. Горячкин // – М.: Колос, 1968. – Т.1. – 720 с.; т.2. – 455 с.
10. Кобець А.С. Математична модель взаємодії рухомого клина з ґрунтом / А.С. Кобець, М.М. Науменко, С.П. Сокол, та ін. // Наук. вісник НУБіП України: зб. наук. пр. –Вип. 144. Ч. 1. – Київ 2010. – С. 43 – 50.

Аннотация

ДИНАМИКА ВЫКАПЫВАНИЯ КОРНЕПЛОДОВ РАБОЧИМ ОРГАНОМ ТИПА «СКОБА» И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЕЁ ПАРАМЕТРОВ.

Сокол С.П.

Рассмотрен процесс выкапывания корнеплодов скобой и взаимодействия её с почвой. Предложены рекомендации по конструктивным параметрам нового рабочего органа.

Abstract

DYNAMICS OF ROOT CROPS DIGGING UP BY WORKING BODY IN A FORM OF «CRAMPON» AND DEFINITION OF ITS PARAMETERS

S. Sokol

It is considered the process of root crops digging up by a «crampon» and its interactions with soil. It is offered the recommendations about design parameters of new working body.

ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ МЕХАНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ НАСІННЯ РПАКУ, ЛЮЦЕРНИ ТА МОРКВИ

Кириченко Р.В., ст. викладач

*Харківський національний технічний університет сільського господарства
імені Петра Василенка*

Визначені та уточнені основні механіко-технологічні властивості посівного матеріалу, які впливають на конструктивні параметри вібраційно-дискового висівного апарата та протікання процесу висіву.

Постановка задачі. Важливою умовою отримання високих і стабільних урожаїв є забезпечення сприятливих умов для проростання насіння і розвитку рослин з раціональним використанням поживних речовин, вологи і сонячної енергії шляхом їх рівномірного розміщення по площі, що засівається.

Традиційно насіння дрібнонасіньових культур висівають зернотрав'яними та овочевими сівалками з апаратами котушкового типу рядковим способом з різними схемами сівби. Ці сівалки не забезпечують сталу сівбу малими нормами, мають високу нерівномірність висіву (коефіцієнт варіації – 100-120%) та пошкоджують насіння [1].

Для підвищення якості сівби дрібного насіння сільськогосподарських культур на кафедрі сільськогосподарських машин ХНТУСГ ім. П. Василенка розроблена конструкція вібраційно-дискового висівного апарата [2].

На технологічний процес висіву вібраційно-дискового апарата ВДВА та його параметри суттєво впливають механіко-технологічні властивості посівного матеріалу. Навіть у підготовленого посівного матеріалу значення властивостей насіння не є сталими величинами. Суттєва відмінність характеристик насіння пов'язана з погодно-кліматичними умовами, сортовими властивостями насіння та умовами їх вирощування. Для виконання теоретичних досліджень руху насіння у технологічній канавці вібраційно-дискового висівного апарата та визначення його параметрів для налагоджування на задану кількість висіяного насіння необхідні конкретні значення характеристик насіння, що досліджувалися. Такими характеристиками є: розміри насіння, абсолютна маса і коефіцієнт зовнішнього тертя насіння по робочим поверхням вібраційно-дискового висівного апарата.

Метою досліджень є визначення та уточнення основних механіко-технологічних властивостей посівного матеріалу, які впливають на конструктивні параметри вібраційно-дискового висівного апарата та протікання процесу висіву.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Експериментальні дослідження вібраційно-дискового висівного апарата призначені для розкриття сутності протікання технологічного процесу висіву, підтвердження результатів теоретичних досліджень і спрямовані на вивчення процесу формування

однонасінневого безперервного потоку посівного матеріалу у висівній канавці та подачі насіння до насіннепроводу.

Відомі прийоми та методи експериментальних досліджень механічних висівних апаратів, які базуються на принципі формування однонасінневого потоку посівного матеріалу [3], а також апаратів групового висіву [4], в яких автори розглядають операції процесу дозування і питання пов'язані з визначенням механіко-технологічних властивостей насіння. Такі операції, як формування однонасінневого безперервного потоку посівного матеріалу в клиноподібному просторі під дією вібрації висівного диска та спрямування його в насіннепровід мають відмінні особливості, які змінюють сам процес дозування і потребують додаткового вивчення. Протікання зазначених процесів в значній мірі залежить від механіко-технологічних властивостей посівного матеріалу, значення яких в недостатній мірі наводяться в літературі [5, 6].

Результати досліджень. Насіння більшості трав, овочевих культур, лікарських рослин, квітів, де яких олійних та інших культур за розмірами в $5 \div 10$ разів менше насіння зернових культур і відносяться до дрібнонасінневих матеріалів. Насіння дрібнонасінневих культур суттєво відрізняються за формою, шерехатістю поверхні, об'ємною та абсолютною масою.

Для дослідження впливу розмірів насіння, його форми, абсолютної маси та шерехатості поверхні в якості вихідного матеріалу вибрані насіння моркви, ріпаку та люцерни.

На параметри висівних апаратів найбільш суттєво впливають розміри насіння, їх маса та коефіцієнти тертя по робочих поверхнях [7, 8].

Для визначення розмірних характеристик насіння відбиралися по 300 шт. насінин кожного виду і вимірювалися на мікроскопі три розміру: товщина – a_s , ширина – b_s , довжина – c_s кожної насінини. За результати вимірювань будувалися гістограми розподілу розмірних значень для насіння кожної культури згідно стандартних методик [9, 10, 11].

Результати дослідження розмірних характеристик насіння ріпаку, люцерни та моркви (товщини – a_s , ширини – b_s , довжини – c_s) наведені на гістограмах (рис. 1, 2, 3). Оціночні показники визначення розмірів насіння зведені в таблиці 1 і 2.

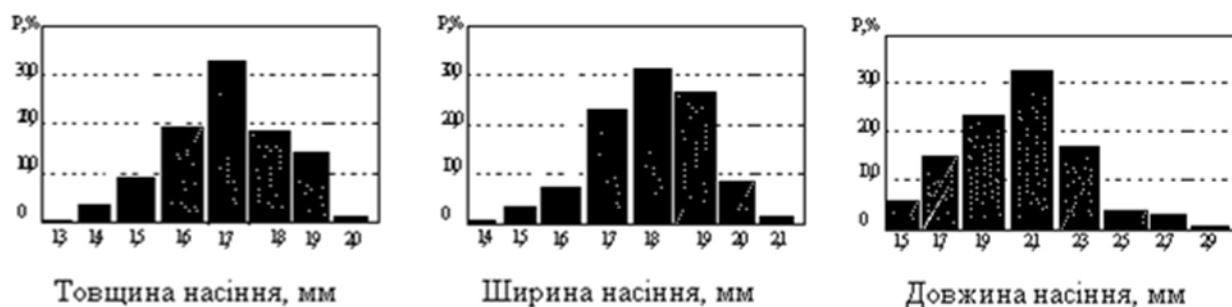


Рис. 1 - Гістограми розподілу розмірів насіння ріпаку

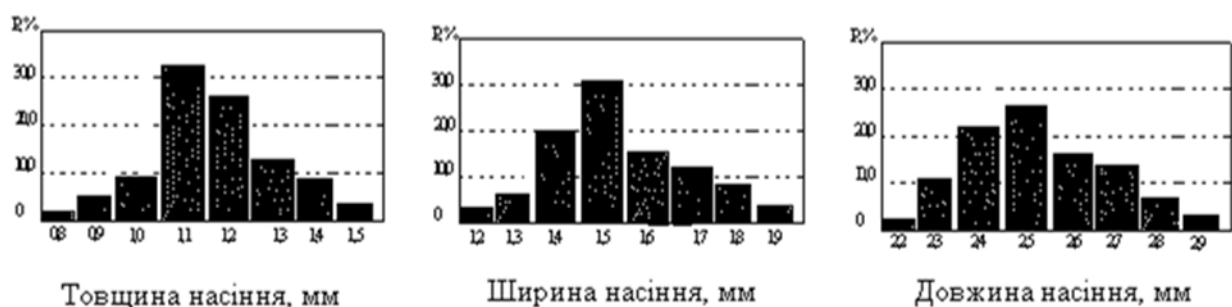


Рис. 2 - Гістограми розподілу розмірів насіння люцерни

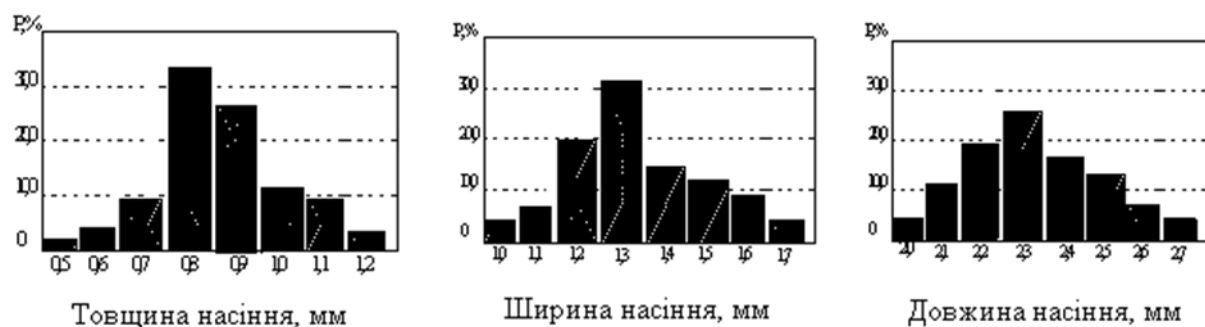


Рис. 3 - Гістограми розподілу розмірів насіння моркви

Аналіз результатів досліджень показує, що розміри основної маси насіння не суттєво відхиляється від середніх розмірів.

На основі проведених досліджень і аналізу літературних даних [12, 13], можна зробити висновок, що при проектуванні та розрахунку параметрів робочих органів посівних машин в якості вихідних розмірних показників насіння можуть бути прийняті середні їх значення, або середній еквівалентний розмір насіння.

Таблиця 1 - Оціночні показники визначення розмірів насіння ріпаку, люцерни і моркви

Оціночні показники	Ріпак			Люцерна			Морква		
	a_s	b_s	c_s	a_s	b_s	c_s	a_s	b_s	c_s
Середня арифметична величина \bar{x} , мм	1,70	1,80	2,04	1,16	1,53	2,53	0,86	1,33	2,33
Дисперсія σ^2 , мм	0,02	0,02	0,07	0,02	0,03	0,03	0,02	0,03	0,03
Стандартне відхилення σ , мм	0,13	0,13	0,27	0,14	0,16	0,17	0,14	0,16	0,17
Коефіцієнт варіації ν , %	7,9	7,0	13,4	12,4	10,6	6,6	16,7	12,2	7,1
Абсолютна похибка вибіркової середньої $\sigma_{\bar{x}}$, мм	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Відносна похибка вибіркової середньої $\sigma_{\bar{x}}$, %	0,46	0,40	0,78	0,72	0,61	0,38	0,97	0,70	0,41
Середній еквівалентний розмір насіння $l_s = \sqrt[3]{a_s b_s c_s}$, мм	1,84			1,65			1,39		

Таблиця 2 - Середні розмірні показники насіння усієї сукупності з 95%-вим рівнем імовірності

Показники	Культура		
	Ріпак	Люцерна	Морква
Товщина (a_s), мм	1,69 ÷ 1,72	1,15 ÷ 1,18	0,85 ÷ 0,88
Ширина (b_s), мм	1,78 ÷ 1,81	1,51 ÷ 1,55	1,31 ÷ 1,35
Довжина (c_s), мм	2,01 ÷ 2,07	2,51 ÷ 2,55	2,31 ÷ 2,35
Середній еквівалентний розмір насіння $l_s = \sqrt[3]{a_s b_s c_s}$, мм	1,82 ÷ 1,86	1,63 ÷ 1,67	1,37 ÷ 1,41

Таблиця 3 - Результати дослідів по визначенню абсолютної маси насіння ріпаку, люцерни та моркви

Оціночні показники	Ріпак	Люцерна	Морква
Середня арифметична величина абсолютної маси 1000 насінин \bar{m} , г	3,30	1,75	1,13
Дисперсія σ^2 , г	0,005	0,001	0,001
Стандартне відхилення σ , г	0,070	0,032	0,024
Коефіцієнт варіації v , %	2,12	1,84	2,14
Абсолютна похибка вибіркової середньої $\sigma_{\bar{x}}$, г	0,022	0,010	0,008
Відносна похибка вибіркової середньої $\sigma_{\bar{x}}$, %	0,67	0,58	0,68
Середня усієї сукупності з 95 % рівнем імовірності, г	3,25 ÷ 3,35	1,73 ÷ 1,78	1,11 ÷ 1,15

Аналіз результатів досліджень показує, що розміри основної маси насіння не суттєво відхиляється від середніх розмірів.

На основі проведених досліджень і аналізу літературних даних [12, 13], можна зробити висновок, що при проектуванні та розрахунку параметрів робочих органів посівних машин в якості вихідних розмірних показників насіння можуть бути прийняті середні їх значення, або середній еквівалентний розмір насіння.

Абсолютна маса насіння визначалася згідно стандартної методикою [9, 10], як середнє від зважування 3-х вибірок насіння по 1000 шт. кожного виду.

Досліди по визначенню абсолютної маси (маси 1000 шт. насінин в грамах при стандартній вологості – 10 %) показують, що абсолютна маса насіння ріпаку, люцерни і моркви знаходиться у межах від 1,13 до 3,30 г (табл. 3). При цьому у даних культур відхилення коливання абсолютної маси не значні.

Показники тертя насіння залежать від багатьох факторів, основними із яких є їх вологість, властивості поверхні, форма, швидкість пересування та інші. У вивченні впливу усіх цих факторів на показники тертя не було

необхідності, так як це питання достатньо повно висвітлені у працях [5, 6]. Тому були проведені дослідження по визначенню фрикційних властивостей насіння ріпаку, люцерни та моркви для умов найбільш типових у практиці сівби (за стандартною вологістю насіння, рух по різних металевим поверхнях).

Визначення зовнішнього тертя насіння досліджуємих культур по сталевій, алюмінієвій та оргскловій поверхні виконували за допомогою приладу В.О. Желіговського [13].

За отриманими значеннями визначили середні значення величини коефіцієнта тертя, дисперсію, стандартне відхилення, коефіцієнт варіації, абсолютну та відносну похибку вибіркової середньої, довірчий інтервал з ймовірністю 95 % за допомогою математичного пакету «Statistica-6.0».

Результати визначення коефіцієнтів тертя насіння ріпаку, люцерни та моркви по поверхнях з різними матеріалами і їх оціночні показники зведені в таблиці 4, 5 і 6.

Таблиця 4 - Результати визначення коефіцієнтів тертя насіння ріпаку, люцерни та моркви по сталі

Оціночні показники	Ріпак	Люцерна	Морква
Математичне очікування значення кута тертя $\bar{\varphi}$, град	22,03	24,14	35,10
Середня арифметична величина коефіцієнта тертя f	0,405	0,448	0,704
Дисперсія σ^2	0,001	0,001	0,002
Стандартне відхилення, σ	0,026	0,027	0,044
Коефіцієнт варіації ν , %	6,544	6,007	6,279
Абсолютна похибка вибіркової середньої $\sigma_{\bar{x}}$	0,008	0,009	0,014
Відносна похибка вибіркової середньої $\sigma_{\bar{x}}$, %	2,069	1,900	1,986
Середня усієї сукупності з 95 % рівнем імовірності	0,386 ÷ 0,424	0,429 ÷ 0,468	0,672 ÷ 0,735

Таблиця 5 - Результати визначення коефіцієнтів тертя насіння ріпаку, люцерни та моркви по алюмінію

Оціночні показники	Ріпак	Люцерна	Морква
Математичне очікування значення кута тертя $\bar{\varphi}$, град	19,22	21,20	31,34
Середня арифметична величина коефіцієнта тертя f	0,349	0,388	0,610
Дисперсія σ^2	0,001	0,001	0,0015
Стандартне відхилення σ	0,022	0,022	0,039
Коефіцієнт варіації ν , %	6,326	5,669	6,458
Абсолютна похибка вибіркової середньої $\sigma_{\bar{x}}$	0,007	0,007	0,012
Відносна похибка вибіркової середньої $\sigma_{\bar{x}}$, %	2,001	1,793	2,042
Середня усієї сукупності з 95 %	0,333 ÷ 0,365	0,372 ÷	0,581 ÷ 0,638

рівнем імовірності		0,404	
--------------------	--	-------	--

Таблиця 4.6 - Результати визначення коефіцієнтів тертя насіння ріпаку, люцерни та моркви по органічному склу

Оціночні показники	Ріпак	Люцерна	Морква
Математичне очікування значення кута тертя $\bar{\varphi}$, град	20,55	22,63	32,61
Середня арифметична величина коефіцієнта тертя f	0,375	0,417	0,640
Дисперсія σ^2	0,001	0,001	0,001
Стандартне відхилення σ	0,013	0,017	0,025
Коефіцієнт варіації ν , %	3,497	4,160	3,844
Абсолютна похибка вибіркової середньої $\sigma_{\bar{x}}$	0,004	0,005	0,008
Відносна похибка вибіркової середньої $\sigma_{\bar{x}}$, %	1,106	1,316	1,215
Середня усієї сукупності з 95 % рівнем імовірності	0,366 ÷ 0,384	0,405 ÷ 0,429	0,622 ÷ 0,658

Аналіз даних таблиць 4, 5 і 6 показують, що коефіцієнти тертя насіння ріпаку і люцерни змінюються незначно. Більш суттєво відрізняється коефіцієнт тертя моркви по всіх поверхнях. В цілому можна зробити висновок, що коефіцієнти тертя по окремих поверхнях для насіння ріпаку, люцерни та моркви знаходяться у порівняно малому діапазоні значень, що дозволяє висівати їх висівним апаратом з незначною переналадкою.

Висновки. Дослідженнями механіко-технологічних властивостей насіння встановлено, що розміри характеристики властивостей насіння не суттєво відрізняються від їх середнього значення: дисперсія ширини і товщини насіння ріпаку, люцерни і моркви не перевищує 0,02 мм, а довжини насіння цих культур – 0,11 мм; абсолютної маси насіння люцерни і моркви – 0,001 г, а ріпаку – 0,05 г; коефіцієнтів тертя насіння ріпаку і люцерни по сталі, алюмінію і оргсклу – 0,001, а моркви: по оргсклу – 0,001, по алюмінію – 0,0015, а по сталі – 0,002.

Список літератури:

1. Сільськогосподарські машини. Частина 3. Посівні машини / [Бакум М.В., Бобрусь І.С., Морозов І.В., Нікітін С.П. та ін.]; за ред. М.В. Бакума. – Харків, 2005. – 332 с.
2. Пат 19548 Україна, МПК А01С7/16. Вібраційно-дисконий висівний апарат / П.М. Заїка, М.В. Бакум, Р.В. Кириченко. - № 200607444; заявл. 04.07.2006; опубл. 15.12.2006, Бюл. № 12.
3. Никитин С.П. Обоснование конструкции и параметров высевающего аппарата для мелкосеменных культур на примере высева семян люцерны малыми нормами: автореф. дис. на соискание ученой степени канд. техн

- наук: спец. 05.20.01. «Механизация сельскохозяйственного производства» / С.П. Никитин. – Харьков, 1989. – 23 с.
4. Катеринич С.Є. Обґрунтування параметрів внутрішньоробрих висівних апаратів для зернових сівалок: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.05.11. «Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва» / С.Є. Катеринич. – Кіровоград, 2004. – 19 с.
 5. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: Підручник [для студ. вищ. навч. закл.] / [Царенко О.М., Войтюк Д.Г., Швайко В.М. та ін.]; За ред. С.С. Яцуна. – К.: Мета, 2003. – 448 с.
 6. Заика П.М. Сепарация семян по комплексу физико-механических средств / П.М. Заика, Г.Е. Мазнев. – М.: Колос. 1978. – 287 с.
 7. Теория, конструкция и расчёт сельскохозяйственных машин: Учебник для вузов сельскохозяйственного машиностроения / [Босой Е.С., Верняев О.В., Смирнов И.И., Султан-Шах Е.Г.]; Под ред. Е.С. Босого. – 2-е изд., перераб. и доп. – Машиностроение, 1977. – 568 с.
 8. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: Підручник / [Войтюк Д.Г., Барановський В.М., Булгаков В.М. та ін.]; За ред. Д.Г. Войтюка. – К.: Вища освіта, 2005. – 464 с.
 9. Сборник «Семена и посадочный материал сельскохозяйственных культур». М.: Издательство стандартов, 1977. – 400 с.
 10. ДСТУ 4138-2002. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості. – К.: Держспоживстандарт України, 2003. – 173 с.
 11. ДСТУ 2240-93. Насіння сільськогосподарських культур. Технічні умови. – К.: Держспоживстандарт України, 1994. – 73 с.
 11. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування. Книга 1: машини для рільництва / [Сисолін П.В., Сало В.М., Кропівний В.М.]; За ред. М.І. Черновола. – К.: Урожай, 2001. – 384 с.
 12. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. Том 1, частина 2. Машини для сівки та садіння / П.М. Заїка – Харків: Око, 2002. – 452 с.
 13. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: Практикум / [Бакум М.В., Горбатовський О.М., Манчинський В.Ю., Манчинський Ю.О., Сергеева А.В.]; За ред. Ю.О. Манчинського. – Харків: ХНТУСГ, 2005. – 196 с.

Аннотация

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ МЕХАНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СЕМЯН РАПСА, ЛЮЦЕРНЫ И МОРКОВИ

Кириченко Р.В.

Определены и уточнены основные механико-технологические свойства посевного материала, которые влияют на конструктивные параметры вибрационно-дискового высевного аппарата и протекания процесса посева

Abstract

DETERMINATION OF BASIC MEKHAHIKO-TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF SEEDS OF RAPE, OF CARROT AND ALFALFA, OUT

R. Kyrychenko

Certain and specified basic mekhaniko-technological properties of sowing material, which influence on structural parameters oscillation disk sowing vehicle and flowing of process of sowing.

УДК 621.929.2

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ФОРМУВАННЯ ГРАНУЛ ОРГАНО-МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ МЕТОДОМ ОБКОЧУВАННЯ

Дідух В.Ф., д.т.н., проф., Тараймович І.В., к.т.н., Тарасюк В.В., аспірант,
Русаков Д.С. асистент

Луцький національний технічний університет

В статті приведено результати дослідження процесу формування гранул органо-мінеральних добрив методом обкочування та запропоновано конструкцію засобу гранулювання ОМД з частковим зниженням вологості гранул.

Вступ і актуальність проблеми. Виробництво органо-мінеральних добрив енергоємний та складний процес. Сучасні методи виготовлення органо-мінеральних добрив потребують вдосконалення, яке полягає в зменшенні енерговитрат, зниженні собівартості обладнання та покращенні якості товарної фракції добрив.

Для збереження родючості ґрунтів та забезпечення високої врожайності сільськогосподарських культур на даний час доцільно використовувати в якості органічної матриці ОМД сапропелі прісноводних озер.

Процес переробки сапропелю як добрива недостатньо вивчений, а наявність решток рослинного та тваринного походження з додаванням мінеральної частини в різних пропорціях робить його складним та вимагає створення нових способів та засобів виготовлення добрив та дослідження параметрів процесу гранулювання органо-мінеральних сумішей на його основі.

Тому розробка нових машин для гранулювання органо-мінеральних сумішей на основі сапропелю та дослідження процесу зневоднення цих сумішей, які направлені на зниження собівартості готової продукції є досить актуальною.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз всіх існуючих методів гранулювання показує, що для формування гранул органо-мінеральних добрив на основі сапропелю доцільно застосовувати метод обкочування як найбільш простий та економічний [1, 2, 3].

Гранулятори, в яких відбувається обкочування матеріалу, за типом руху поверхні діляться на ротаційні, стрічкові та вібраційні. Ротаційні апарати бувають барабанні, тарілчасті (дискові), відцентрові, лопатеві. Всі ці засоби є металомісткі, енергоємні та забезпечують низький відсоток виходу товарної фракції, вимагають введення додаткових операцій у технологічний процес виготовлення добрив (розподіл добрив на фракції). А тому використання даних машин в процесі виготовлення добрив на основі сапропелю стає малоефективним і недоцільним із-за підвищення собівартості виготовлення кінцевої продукції.

Постановка завдання. Метою даного дослідження є обґрунтування процесу формування гранул ОМД та розробка засобу для гранулювання методом обкочування із частковим зниженням вологості гранул.

Виклад основного матеріалу. На процес формування гранул із двох або більше матеріалів суттєво впливають їх фізико-механічні властивості. Розглянемо гранулу, отриману методом обкочування та досліджену під мікроскопом МБС-9 у вигляді зрізу. Така гранула (рис. 2.1) має свої особливості у порівнянні з гранулами, отриманими іншими способами, так як матеріали, що потрібно з'єднати мають різну початкову вологу і при появі між ними контактів проходить як перерозподіл вологи, так і компонентів.

Якщо формувати гранули методом обкочування з різних видів добрив: фосфорних, калійних або одночасно з декількох компонентів, то кристали карбаміду (поз. 3) матимуть інший вигляд. Проте загальна структура гранули буде незмінною. При цьому необхідно враховувати специфіку фізико-механічних властивостей органічних та мінеральних компонентів, а також їх сумішей.

Під час формування гранул, між частинками компонентів добрив можуть виникати:

- капілярні та поверхнево-активні сили;
- адгезійні сили;
- сили притягання між частками;
- сили, що виникають за рахунок хімічних реакцій і фізичних явищ.

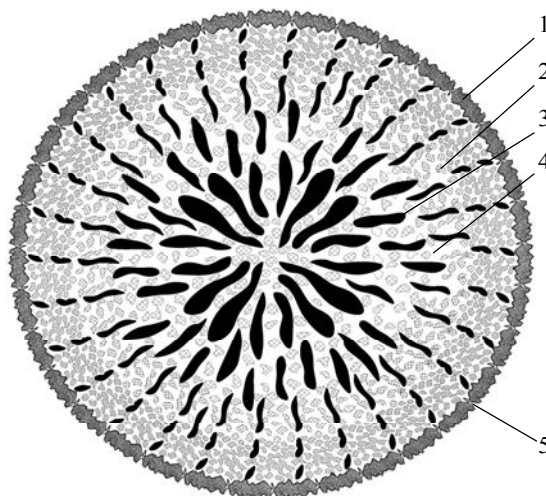


Рис. 2.1. Модель гранули на основі ОМС при збільшенні у 100 разів:

1 – органо-мінеральна матриця, 2 – колоїдні частинки сапропелю, 3 – кристали карбаміду, 4 – міжфазна речовина, 5 – мікропори

З врахуванням механізму утворення гранул методом обкочування, форми та їх складники (рис. 2.2) можна ідеалізувати і представити таку гранулу у сферичному вигляді з неоднорідною за об'ємом складною структурою.

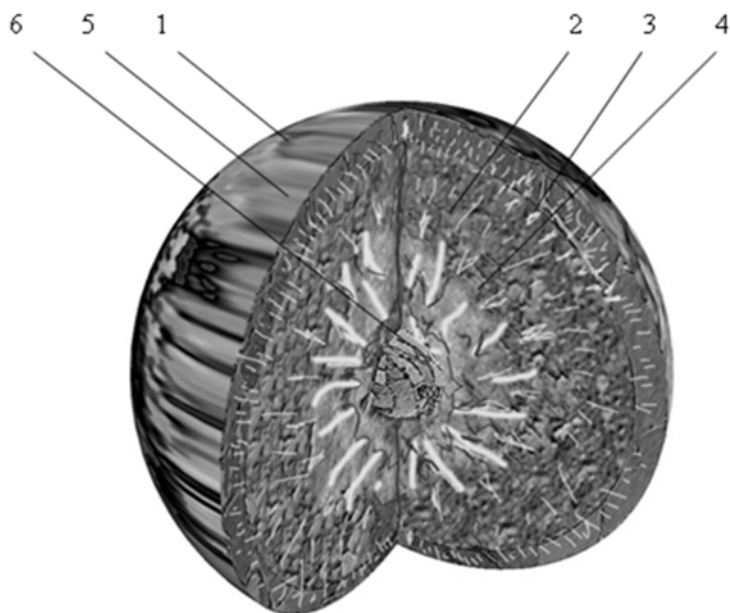


Рис. 2.2. Ідеалізована форма і структура гранули ОМД, що утворені методом обкочування:

1 – органо-мінеральна матриця; 2 – наповнювач (мінеральні добрива); 3 – сапропель (колоїд); 4 – міжфазний (адгезійний) шар; 5 – мікропори (повітряні пустоти), 6 – центр формування гранули

В моделі гранули ОМД на основі сапропелю прісноводних озер, зробивши певні припущення можна виділити один найбільш важливий шар – адгезійний шар, що сполучає всі компоненти ОМД, в залежності від їх виду, походження та їх процентного співвідношення, який чинить прямий вплив на властивості гранул ОМД.

Серед цілого ряду фізико-механічних властивостей гранульованих ОМД методом обкочування (коефіцієнти тертя, твердість, пружність, кут природного відкосу), особливо з азотними добривами слід звернути увагу на насипну щільність, яка може змінюватись в широких діапазонах з моменту відгалуження ОМС від робочих елементів пристрою для гранулювання до завершення процесу. Причиною такого явища є фізико-механічні і хіміко-термічні процеси, що спричиняють зміну як розмірів та форми гранул, так і їх внутрішньої структури.

Розглянемо механізм виникнення зв'язків та вид напруженого стану у елементарному об'ємі dV органо-мінеральної суміші (ОМС), що дозволить нам класифікувати вихідний матеріал та визначитись з напрямом теоретичних досліджень в системі «середовище – робочий орган».

В роботах академіків Ребіндера П.А., Ликова А.В., Дерюгіна Б.В., Гінзбурга А.С. розглянуті форми зв'язків вологи з матеріалами. На основі встановлених значень енергії зв'язків вологи з матеріалами систематизовано види вологи, а також класифіковано вологі матеріали. Завдяки цим

дослідженням, отримані математичні вирази, що характеризують енергію зв'язків вологи у матеріалах з достатньою для практичної мети точністю. При аналізі розроблених положень та методик зазначених фундаментальних досліджень приходимо до висновку про приналежність органічних сапропелів до капілярнопористих колоїдних тіл. Фізико-механічні властивості сапропелів, притаманних типовим капілярнопористим колоїдним тілам, широко висвітлені у теоретичних та експериментальних дослідженнях низки дослідників, а роботи [3, 4] дозволяють віднести органічні сапропелі до термолабільних капілярнопористих колоїдних тіл.

В роботі [5] зазначено, що основний вплив на фізико-механічні властивості сапропелів, а отже і на форми зв'язків вологи у них, чинить якісний склад органічної речовини. За даними досліджень [5] вміст органічної речовини в сапропелях може становити 15...94,3% на суху речовину, а в озерах Старовижівського району Волинської області, зокрема дослідних зразках сапропелю озера Синове – 82...87%. Основними фракціями органічної речовини сапропелів є гумінові і легкогідролізовані речовини, що становлять понад 50 % її основного складу. Гуміновий комплекс може становити від 6,7 до 71,2 % на органічну речовину, з них більша половина належить гуміновим кислотам, здатних вступати в реакцію з хімічними елементами матеріалу і утворювати структурні утворення: міцні сполуки та комплекси. Мінеральна частина представлена в основному включеннями класичних мінералів з розмірами 0,01...0,005 мм, в тому числі адсорбційно-зв'язаних з органічною речовиною сапропелів.

В ряді робіт, а також за результатами досліджень Курзо Б.В. [6], встановлено дисперсність та вміст розмірних фракцій в сапропелях різних типів. Ці дослідження дозволяють встановити процентний вміст фракцій без уточнення структури компонентів сапропелю. На основі зазначених характеристик, робимо висновок, що сапропелі, класифікуючи за ступенем дисперсності частинок, відносяться до грубодисперсних систем (питома поверхня контакту частинок не більше $1 \text{ м}^2/\text{г}$), а за формою частинок дисперсної фази слід віднести до комплексних полідисперсних систем (корпускулярно-волокнистих). Ці міркування знаходять своє підтвердження фотоматеріалами, наведеними в [5], при збільшенні зразків сапропелю від 1000 до 6000 разів. Мікроскопічна структура органічного сапропелю представлена сукупністю дисперсних фаз з діапазоном розмірів від 1 до 10^{-4} мм, що знаходяться у комплексному дисперсійному середовищі (рідка молекулярно-дисперсна система, тощо). Наявність твердої фази (органічна та мінеральна) різних форм, дає нам можливість стверджувати, що сапропелі (при $W \leq 92\%$) – це зв'язнодисперсні системи. Ці системи характеризуються явним контактом частинок дисперсних фаз, що призводить до утворення структури у вигляді каркаса чи сітки неправильної форми. Наявність структури обмежує текучість дисперсної системи і надає матеріалу здатність зберігати форму. Наявність у дисперсних фазах сапропелю частинок, особливо продовгуватої і плівко-листякової форми, збільшує ймовірність взаємного контакту, що сприяє утворенню структури матеріалу при малій концентрації основної дисперсної

фази, якою виступає органічна речовина сапропелю. Також спостерігаємо ряд спільних властивостей, притаманних таким структурованим дисперсним системам, як гелі. Такі міркування справедливі з врахуванням проведених теоретичних та експериментальних досліджень, в тому числі з визначення вологості та зольності органічних сапропелів прісноводних озер ряду науковців.

У нашому випадку, як компонент ОМС, розглядаємо неструктурований органічний сапропель, або сапропель порушеної структури з вологістю $W \geq 85,5\%$. В роботі [3], на основі термогравікалориметричного аналізу органічного сапропелю, встановлено ряд сингулярних точок, що характеризують вид та форми зв'язку води у структурі сапропелю. При цьому структура зразків сапропелю характеризувались наявністю вільної (слабозв'язаної) води ($w \geq 3,755 \text{ кг/кг}$ або $W \geq 80\%$) та капілярної, гігроскопічної адсорбційно незв'язаної води ($w \geq 1,07 \text{ кг/кг}$ або $52\% \leq W \leq 80\%$), що відповідає фізико-механічним формам зв'язків у структурі сапропелю. На основі цих досліджень робимо висновок, що усі наявні в сапропелі дисперсні фази структурно-виражені і різняться за формою зовнішніх та внутрішніх зв'язків з дисперсійним середовищем.

Прийнявши за основу твердження, що усі дисперсні фази утвореної після змішування суміші (пульпи), в тому числі і мінеральна складова, знаходяться у комплексному дисперсійному середовищі (рідка молекулярно-дисперсна система), основним компонентом котрого є слабкомінералізований водний розчин, слід також враховувати такий фактор, як розчинність. Розчинність мінеральних компонентів суміші, як функція від часу та температури $R_s = f(t, T)$, може спонукати до утворення нових сполук у складі ОМС внаслідок хімічної реакції. Враховуючи той факт, що більшість фосфорних добрив є нерозчинними у воді, або малорозчинними за певних умов, а розчинність калійних добрив значно краща, однак залежить від часу та температури, стверджуємо, що при часі $t \rightarrow \min$, зазначені види добрив не будуть якісно впливати на форму зв'язку води у структурі ОМС. Тому, з врахуванням фазових діаграм розчинності відомих фосфорних та калійних добрив і зокрема хлористого калію, слід звернути основну увагу на суміші з азотовмісними добривами, зокрема з карбамідом ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$), для якої було отримано максимальні показники липкості.

Оскільки процес виготовлення ОМД на основі сапропелю енергомісткий та складний, то існуючі способи гранулювання таких матеріалів вимагають вдосконалення, яке направлено на зменшення витрат при виробництві готової продукції, підвищення якості та збільшення відсотку виходу товарної фракції. Тому, при проектуванні засобів гранулювання, зусилля необхідно спрямувати на зниження металомісткості, зменшення енергетичних витрат на виготовлення добрив, особливо у випадках з новими матеріалами такими, як сапропель. Враховуючи те, що вихідним матеріалом для отримання гранули можуть бути частинки ОМС невизначеної форми та вологості у межах 30...50 %, а кінцева вологість гранул з врахуванням технічних вимог до 10 % та розмір гранул

4...6 мм, то технологічний процес отримання гранул ОМД на основі сапропелю матиме наступний вигляд (рис. 2.3).

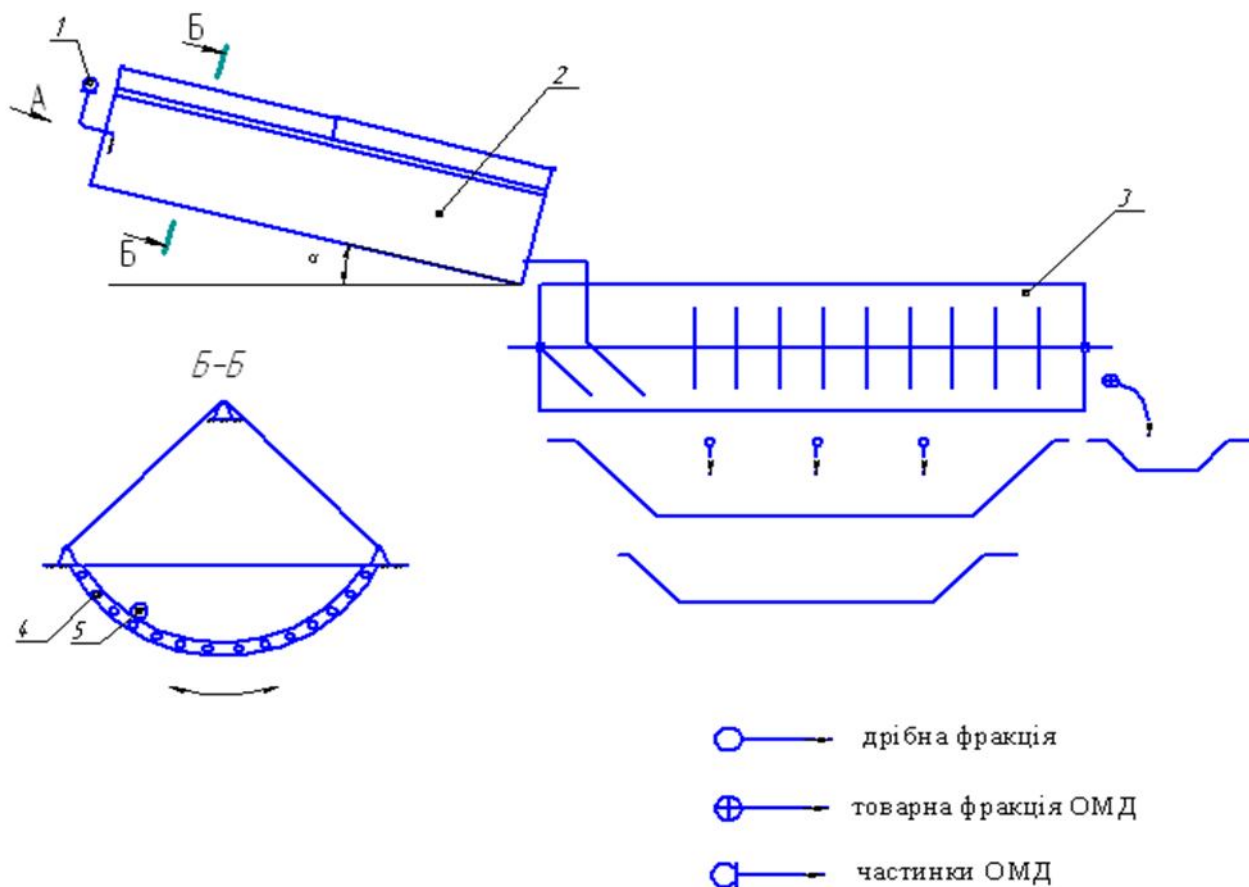


Рис.2.3. Схема технологічної лінії формування гранул ОМД:

1 – коливна поверхня; 2 – охолоджувально-сепаруючий барабан; 3 – нагрівальний елемент

На схемах зображено: загальний вид технологічної лінії формування гранул ОМД та переріз робочої коливної поверхні засобу формування гранул. При цьому коливна поверхня 1, встановлена під кутом α до горизонталі, охолоджувально-сепаруючий барабан 2 – горизонтально.

Для зменшення металомісткості технологічної лінії у коливній поверхні варто передбачити нагрівний елемент для поверхні, яка контактує з гранулами. Таке поєднання двох операцій дозволить знизити енергоємність процесу виробництва гранул ОМД на основі сапропелю.

Технологічний процес формування гранул відбувається наступним чином. Попередньо підготовлені частинки органо-мінеральної суміші різної форми та маси подаються на нагріту коливну поверхню 1, що ізольована від навколишнього середовища і розміщена під кутом α до горизонталі. Зміна кута нахилу α дозволяє регулювати час знаходження гранул на нагрітій поверхні. В днище нагрітої коливної поверхні 1 вмонтовано нагрівальний елемент 3. Під дією сили тяжіння та інерційних сил, що виникають внаслідок коливання нагрітої коливної поверхні 1, частинки ОМД переміщуються у радіальному та осьовому напрямках, змінюючи свою форму на кульки довільного діаметру. При

русі по нагрітій коливній поверхні 1 гранули ОМД набирають необхідної твердості за рахунок втрати вологи та зменшуються в розмірах. Сформовані гранули потрапляють в охолоджувально-сепаруючий барабан 2, де відбувається їх охолодження та розділення на товарну та дрібну фракції, остання з яких направляється на повторну переробку.

Отже, головним елементом у конструкції (рис. 2.4) засобу формування гранул є робоча поверхня для обкочування гранул, виготовлена у вигляді півциліндра. Особливістю поверхні обкочування є те що її робоча зона поділена на дві частини: зону підготовки гранул до обкочування та зони обкочування. Зона підготовки гранул до обкочування – це гладка поверхня де проходить процес формування одношарового потоку, прогрівання потоку частинок. Крім цього, нагріта коливна криволінійна поверхня розташована в закритому корпусі, у простір якого додатково подається сушильний агент, що служить як для нагріву гранули, так і для відведення випарюваної вологи з потоку частинок, що піддаються гранулюванню.

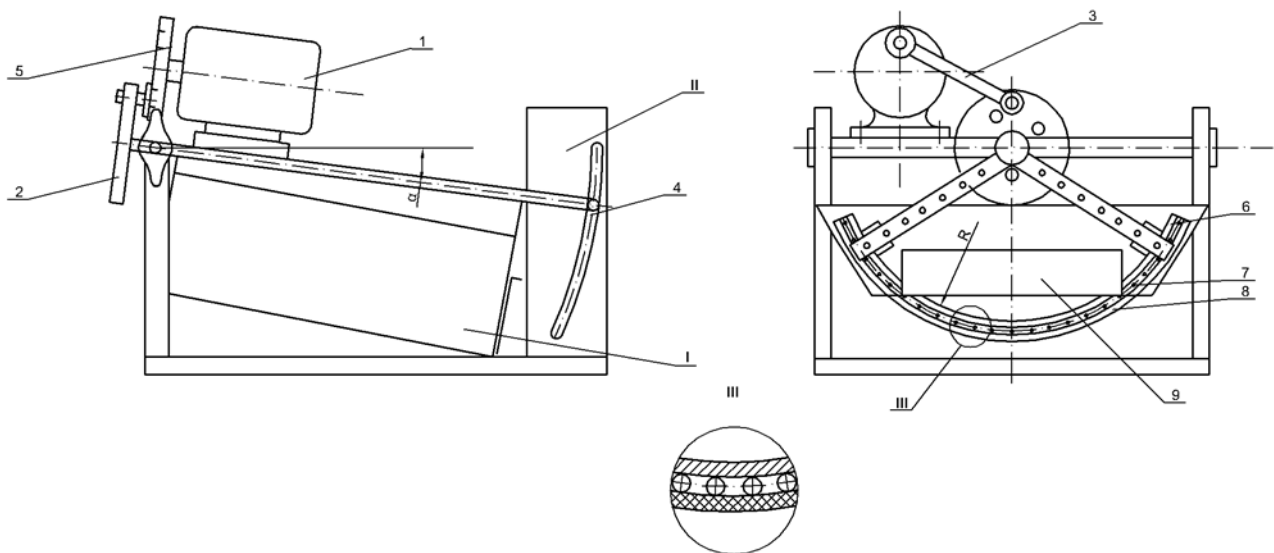


Рис. 2.4. Схема конструкції засобу формування гранул ОМД:

1 – електродвигун, 2 – привідний шків, 3 – шатун, 4 – пристрій регулювання кута нахилу камери обкочування, 5 – ведучий шків, 6 – робоча поверхня камери обкочування, 7 – нагрівальний елемент камери обкочування, 8 – ізоляційний елемент камери обкочування, 9 – заслінка, I – камера обкочування, II – рама.

Межі регулювання: $\alpha = 5 \dots 25^\circ$, $R = 0,5 \dots 1,5 \text{ м}$, $t_{\text{обкочування}} = 60 \dots 120 \text{ }^\circ\text{С}$.

Частинки, що подаються в зону підготовки гранул до обкочування проходять початковий етап формування гранул кулястої форми та рівномірно розміщуються по поверхні, яка призначена для кращого переходу до зони обкочування. Зона обкочування – це ребриста поверхня, яка створює умови для руху гранули одночасно забезпечуючи поступальний та обертальний рух, а це покращує процес перетворення частинок довільної форми у кулясту. Конструкція робочої поверхні дозволяє змінювати такі параметри: радіус

кривизни робочої поверхні, частоту коливання та кут нахилу поверхні до горизонталі. Зміна вказаних параметрів передбачає можливість застосування даного засобу для гранулювання різних видів матеріалів. Нагрівання робочої поверхні здійснюється електричним струмом, що дозволяє вести контроль за температурою робочої поверхні. Втрати теплоти забезпечує термоізоляційна частина робочої поверхні. Переміщення частинок у зоні обкочування з одночасним впливом температури забезпечить необхідну траєкторію руху для формування гранул кулястої форми з одночасним зниженням вологості та досягненням належної твердості гранул.

Тривалість перебування гранул на нагрітій поверхні залежить від частоти коливань n та амплітуди коливань A , а кут нахилу α робочої поверхні забезпечується пристроєм, вмонтованим у корпус засобу формування гранул.

Така конструкція засобу формування гранул органо-мінеральних добрив забезпечить високу ефективність виконання технологічного процесу при мінімальних затратах на формування та висушування гранул. Крім цього, створені всі умови для отримання гранул необхідної твердості та вологості.

Висновки. Проведені дослідження процесу формування гранул органо-мінеральних добрив на основі сапропелю методом обкочування дозволили побудувати їх ідеалізовану модель на основі реальних зрізів гранул, отриманих оглядом під мікроскопом.

Дана модель дозволила запропонувати технологічний комплексний процес гранулювання ОМД на основі сапропелю методом обкочування та конструкцію засобу для його реалізації.

Список використаних джерел

1. Дідух В.Ф. Особливості гранулювання сапропелевих органо-мінеральних сумішей (ОМС) / В.Ф. Дідух, І.Є. Цизь, Д.С. Русаков // Вісник Харківського технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка. "Механізація сільськогосподарського виробництва" – Харків, 2006. – Т. 1. № 46. – С.59-63.
2. Дідух В.Ф. Моделирование процессов производства органо-минеральных удобрений / В.Ф. Дідух, В. В. Сацюк, Ы.Э. Цизь, S. Sosnowski // MOTROL, Motoryzacja i energetyka rolnictwa – Lublin, 2004. – Том 6. – S.74-82.
3. Классен В.П. Основы техники гранулирования/ В.П. Классен- Москва, Химия, 1982.
4. Шевчук М.Й. Сапропелі України: Якість та перспективи використання/ М.Й. Шевчук. – Луцьк: Надстир'я, 1996. – 153с.
4. Лопотко М.З. Сапропели и продукты на их основе / М.З. Лопотко, Г.А. Евдокимова. Под. ред. д.т.н. Н.В. Кислова – Минск: Наука и техника, 1986.
5. Кононов А.В. Основы технологии комплексных удобрений / А.В. Кононов, В.Н. Стерлин, Л.И. Евдокимова. Под.ред. д.т.н. А.В. Кононова – Москва: Химия, 1998.

Аннотация

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ ГРАНУЛ ОРГАНО-МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ МЕТОДОМ ОКАТЫВАНИЯ

Дидух В.Ф., Тараймович И.В., Тарасюк В.В., Русаков Д.С.

В статье наведено результаты исследования процесса формирования гранул органо-минеральных удобрений методом окатывания и предложено конструкцию устройства гранулирования органо-минеральных удобрений с частичным понижением влажности гранул.

Abstract

RESEARCH CONCERNING THE PROCESS OF FORMING OF GRANULES OF ORGANIC-MINERAL FERTILIZERS BY THE METHOD OF SMOOTH ROLLING

V. Didukh, I. Tarajmovich, V. Tarasyuk, D. Rusakov

The article gives the examples of the results of research concerning the process of forming of granules of organic-mineral fertilizers by the method of smooth rolling and offers the construction of means of granulation of organic-mineral fertilizers (OMF) with the partial decline of humidity of granules.

УДК 631.362

АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ МЕХАНІЗМІВ ДЛЯ ПІДТРИМАННЯ СТАЛОЇ КОНЦЕНТРАЦІЇ РОЗЧИНІВ В ЄМНОСТЯХ ГІДРОСІВАЛОК

Ящук Д.А., аспірант

Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка

Наведений аналіз існуючих конструкцій мішалок та обґрунтована конструкція, яка може забезпечувати рівномірне розподілення насіння у водо – насінневі суміші по всьому об'єму ємності не залежно від рівня її заповнення.

В технології вирощування овочевих культур висів займає провідне місце. Поява сходів є одним із найвідповідальніших періодів розвитку рослин. Незадовільна підготовка насіння, відхилення від оптимуму таких ґрунтових режимів як температура, вологість призводять до великої різниці між лабораторною і польовою схожістю. Польова схожість багатьох овочевих рослин не перевищує 35 – 55% від лабораторної, а насіння таких овочевих рослин, як селера, петрушка – 15%. Це призводить до додаткових витрат посівного матеріалу і ускладнення в одержанні рівномірних сходів. Цей недолік можна усунути завдяки висіву насіння попередньо підготовленого в

лабораторних умовах до пророслого стану.

Оскільки висів пророслого насіння існуючими сівалками неможливий через його пошкодження, необхідна розробка спеціальних сівалок, які могли б якісно виконувати цю операцію.

Із овочевих посівних машин з висівними системами інших принципів дії найбільший інтерес представляє гідросівалка Fluid Dulling Ltd (Великобританія) [1], яка дозволяє здійснювати висів пророщеного насіння в гелі, в'язкість якого дозволяє підтримувати насіння у завислому стані [2].

Але, не дивлячись на явні переваги цього способу сівби, слід наголосити на істотних недоліках: високій вартості посівного гелю, неможливості застосувати розчинні мінеральні добрива, біологічно активні компоненти. Окрім того, конструкція гідросівалки здатна була забезпечити тільки гніздовий посів, а застосування поршневих насосів викликало травмування проростків насіння.

Більш перспективним є висів пророщеного насіння разом з водою в якій розчинені як мінеральні добрива так і інтисифікатори росту рослин сівалкою розробленою в НДІОБ НААНУ [3].

До недоліків відомої сівалки відноситься нерівномірність висіву насіння, яка у великій мірі залежить від рівномірності концентрації водонасінневої суміші в ємності сівалки.

Обґрунтування конструктивних параметрів ємності для підвищення рівномірності розподілення насіння в водо – насінневі суміші.

В сільськогосподарських машинах, які працюють з рідиною ємності використовуються циліндричної форми з горизонтальним та вертикальним розташуванням повздожньої вісі. Для посівних машин в яких насінневі матеріал знаходиться в рідині більш доцільним є використання циліндричних ємностей з горизонтальним розташуванням повздожньої вісі. Така конструкція ємності забезпечить повне розвантаження ємності при встановленні розвантажувального жиклера в нижній частині задньої стінці ємності або в нижній частині боковини циліндру. Якщо при цьому горизонтальну вісь циліндричної ємності встановити під кутом до горизонталі то забезпечується повне самовитікання робочої рідини з ємності.

Під час роботи сівалки насіння, що знаходиться в ємності повинно рівномірно розподілятися по всьому об'єму робочої рідини. Так як щільність рідини та насіння для різних умов посіву (різні дози внесення добрив та інших хімічних препаратів, щільність насіння різних культур) не стала величина то для підтримування рівномірності розподілення необхідно мати в ємності спеціальні пристрої для перемішування компонентів.

В машинобудуванні такі пристрої назвали мішалками і за принципом дії вони поділяються на гідравлічні та механічні.

Більш прості за будовою гідравлічні мішалки. Вони включають трубопровід 2 розміщений в ємності 1 (рис. 1) [4]. До трубопроводу 2 приєднані змішувачі 5 через, які під тиском подається рідина. До трубопроводу 2 також приєднані дві паралельні пластини 6, які мають коліноподібний перетин. Під час роботи робоча рідина заливається в ємність 1 через горловину 3, а розвантажується через зливний патрубок 4 розташований в нижній частині

ємності. У трубопровід 2 під тиском подається рідина, яка розподіляється по всій довжині і через змішувачі 5 поступає у нижню частину ємності 1 та примушує шари рідини з нижньої частини ємності 1 підніматися вздовж стінок створюючи циркуляційні потоки в середині ємності 1 чим забезпечують перемішування.

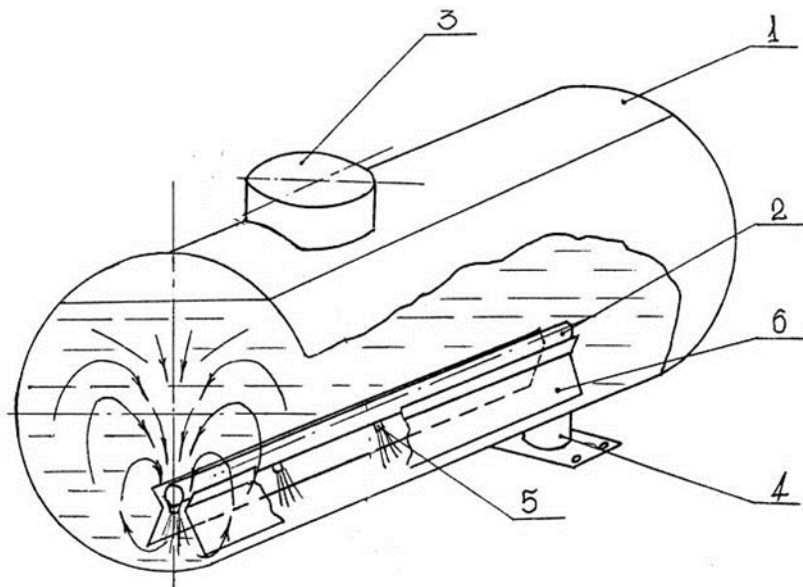


Рис. 1 – Пристрій для перемішування рідин у резервуарі:

1 – ємність; 2 – трубопровід; 3 – горловина; 4 – патрубок; 5 – змішувачі; 6 – пластини.

Так як робоча рідина проходить через насоси, трубопровід і змішувачі то для перемішування водо – насінневих сумішей такі конструкції використовувати не можна, через значне пошкодження ростків насіння.

Серед механічних мішалок найбільшого поширення в конструкціях ємностей для внесення рідких добрив та оприскувачів набули лопатеві мішалки різних конструкцій (рис. 2,3) [5].

Лопатеві мішалки в конструкціях встановлюються біля розвантажувальних патрубків тому що дія від лопатей передається на обмежену відстань. Підвищення інтенсивності дії мішалок досягається зміною частоти їх обертання. Слід зазначити, що збільшення частоти обертання для підтримання рівномірності розподілення насіння в ємності може призвести до пошкодження ростків. Крім того розташування лопатевого змішувача в одній частині ємності може призвести до перерозподілу насіння в ємності: збільшення концентрації насіння біля лопатей або в протилежній частині ємності.

Виключає перерозподіл насіння по довжині ємності лопатеві або шнекові мішалки, які рівномірно встановлені по всій довжині ємності, наприклад, в конструкціях гідропідживлювачів дошувальних машин (рис. 4) [5].

Недоліком таких конструкцій змішувачів є нерівномірність перемішування по всьому об'єму ємності. Досягається більш інтенсивне перемішування в нижній частині (безпосередня дія лопатей або шнека) і менш інтенсивне у верхній частині ємності.

Такі конструкції не забезпечують однакове розподілення насіння по всьому об'єму робочої рідини, тому їх не доцільно використовувати в ємностях гідросівалок.

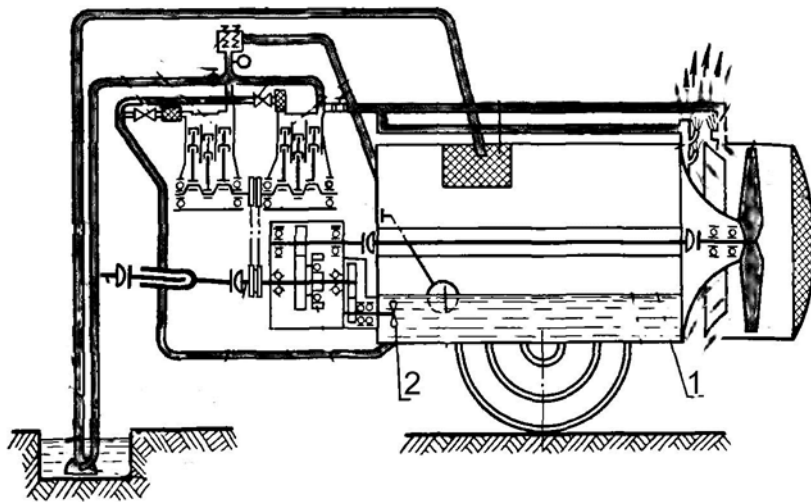


Рис. 2 – Оприскувач ОВС – А. 1 – ємність; 2 – мішалка.

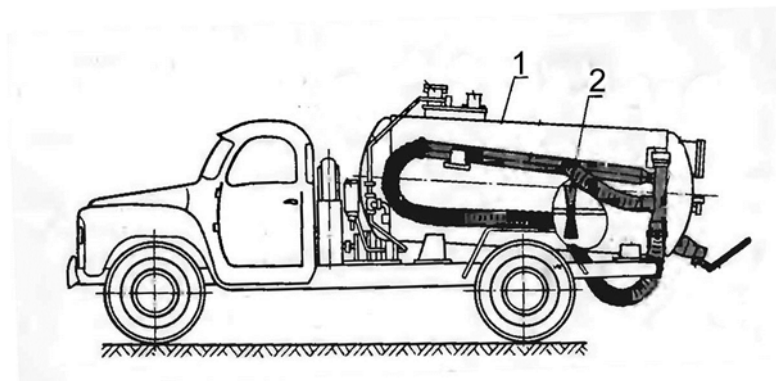


Рис. 3 – Розкидач РЖУ – 3,6. 1 – ємність; 2 – мішалка.

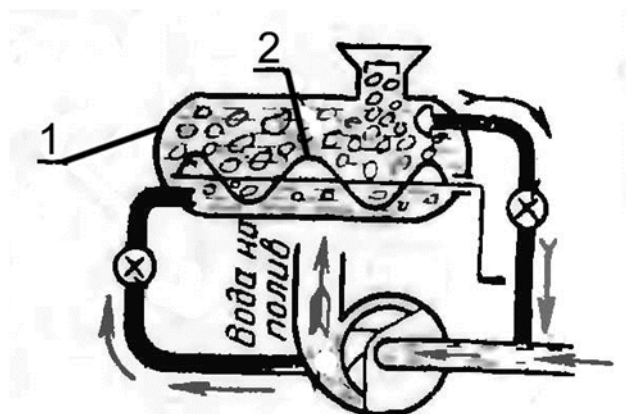


Рис. 4 – Гідрозмішувач: 1 – ємність; 2 – шнек.

Більш рівномірного перемішування всього об'єму робочої рідини, при повному заповненні ємності 1, досягається лопатевими мішалками 3 які рівномірно розміщені по довжині вала 2 (рис. 5) [6].

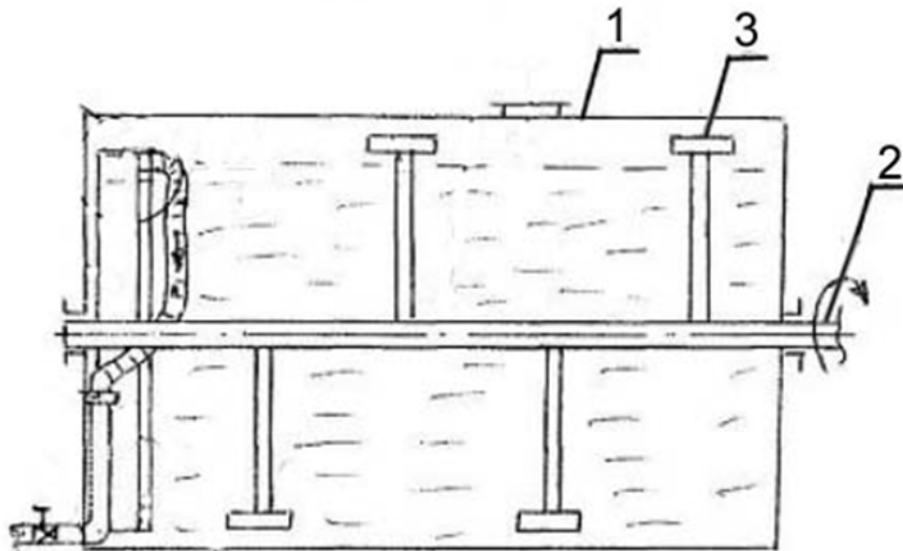


Рис. 5 – Гідросівалка:

1 – ємність; 2 – вісь; 3 – мішалка.

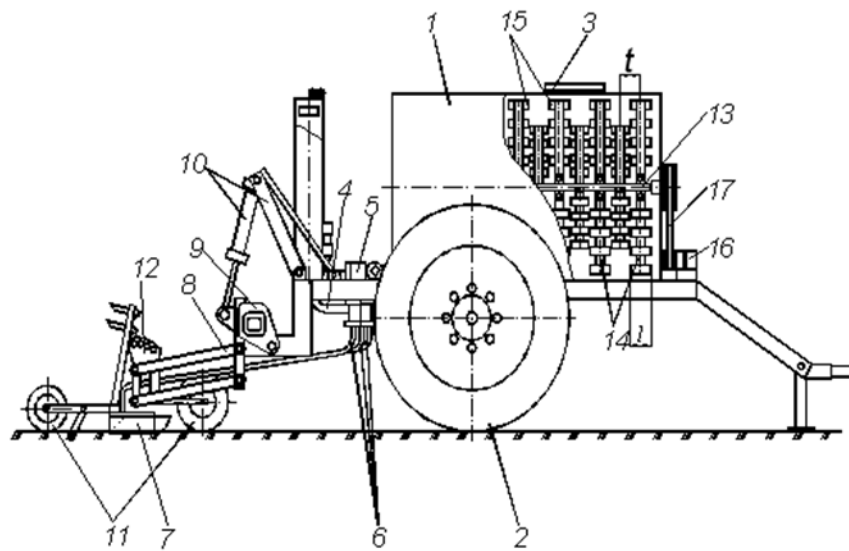
Причому виконання лопатей «Т» подібної форми забезпечує більш інтенсивне перемішування периферійних ділянок ємностей. При зменшенні робочої рідини в ємності інтенсивність перемішування всього об'єму рідини зменшується, що призводить до нерівномірного розташування насіння по об'єму робочої рідини.

Для забезпечення рівномірного розподілення насіння в робочій рідині, не залежно від її кількості в ємності (при різному рівні заповнення), пропонується конструкція мішалки в якій рівномірно по її довжині встановлені поперечні лопаті 15 (рис. 6) [7].

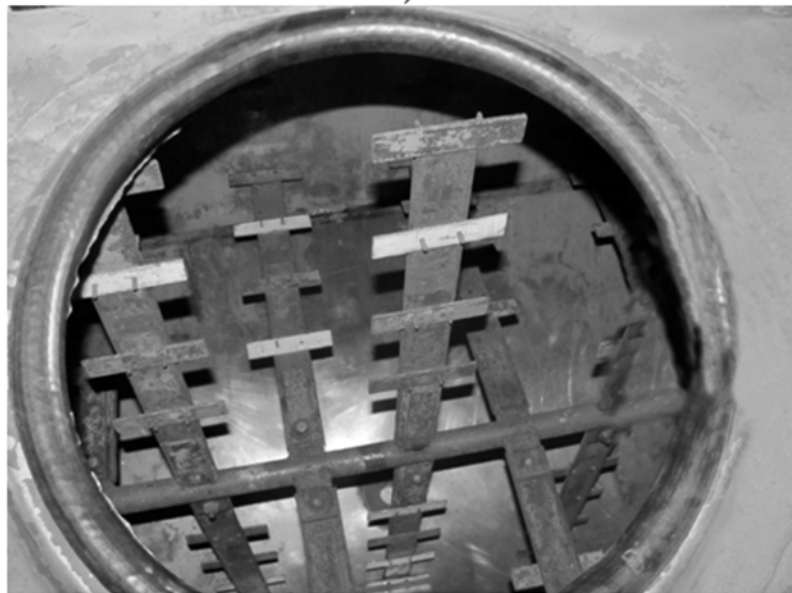
Запропонована конструкція гідравлічної сівалки для висіву пророщеного насіння складається з резервуара 1 (рис. 6, а), який встановлюється на шасі одноосного напівпричепа 2. Резервуар 1 має заливну горловину 3 для завантаження водо – насінневої суміші і трубопроводом 4 з'єднаний з гідравлічним висівним апаратом централізованого висіву 5. До висівного апарату 5 приєднані насіннепроводи 6 другий кінець яких прикріплені до основи сошників 7 посівних секцій 8 змонтованих на рамі сівалки 9, яка за допомогою начіпки з гідроциліндром 10 приєднується до основного напівпричепа 2. Кожна посівна секція 8 має опорно – копіювальну каретку з двома котками 11 з регулювальним механізмом глибини ходу сошників 12. В середині резервуара 1 циліндричної форми на валу 13 закріплені мішалки 14 таким чином, що суміжні мішалки зміщені відносно одна одної на 90° (рис. 6, б). На кожній мішалці 14 рівномірно по її довжині встановлені поперечні лопаті 15, довжина l яка дорівнює кроку t розміщення мішалок 14 на валу 13. Привід мішалки виконується гідромотором 16 через клинопасову передачу 17.

Висів пророщеного насіння запропонованою гідравлічною сівалкою виконується таким чином: спочатку через заливну горловину 3 резервуара 1 заливається рідина (вода або розчини добрив) та завантажується пророщене

насіння. Посівний агрегат виїжджає на поле, провішується слід першого проходу сівалки, включається гідромотор привода валу 13 мішалок 14, опускаються посівні секції 8 і регулюється глибина ходу сошників 7. Під час руху агрегату водо – насіннева суміш з резервуара 1 через трубопровід 4 поступає в гідравлічний висівний апарат централізованого висіву 5, де основний потік водо – насінневої суміші поділяється на декілька і по насіннепроводах 6 виливаються у борозенки сформовані сошниками 7. Висіяне насіння засипається ґрунтом і прикочується задніми котками кореток 11.



а)



б)

Рис. 6 - Гідросівалка для висіву пророщеного насіння.

а) – конструктивна схема гідравлічної сівалки для висіву пророщеного насіння;
 б) – фрагмент загального виду мішалок, що встановлюються в резервуарі; 1 – резервуар;
 2 – напівприцеп; 3 – горловина; 4 – трубопровід; 5 – висівний апарат; 6 – насіннепровода;
 7 – сошники; 8 – посівні секції; 9 – рама сівалки; 10 – гідроциліндр; 11 – копіювальна
 каретка; 12 – механізм глибини ходу сошників; 13 – вал; 14 – мішалки; 15 – поперечні лопаті;
 16 – гідромотор; 17 – клинопасова передача.

За рахунок інтенсивного перемішування лопатями 15 мішалок 14 досягається однакова концентрація водо – насінневої суміші в резервуарі 1 не залежно від кількості суміші. Виконання лопатей 15 довжиною 1 рівною кроку t встановлення мішалок 14 на валу 13 забезпечує інтенсивне перемішування всього об'єму суміші при мінімальних обертах валу 13, що зводить до мінімуму пошкодження ростків пророщеного насіння.

Запропонована конструкція гідравлічної сівалки забезпечує рівномірну концентрацію насіння у водонасінневі суміші по всьому об'єму резервуару. Це сприяє сталому витіканню насіння із резервуару та рівномірному висіву пророщеного насіння вздовж рядка.

Запропоновану конструкцію можна використовувати для висіву пророщеного насіння всіх сільськогосподарських культур. Особливо ефективна гідросівалка для висіву насіння з великим періодом проростання.

Список літератури

1. Давидов Е.И., Мюйрипеал М.В. Гидросеялка ЛГАУ для овощных культур // Тракторы и сельскохозйственные машины. - 1991. - №6. – С. 37-38.
2. Хармат А., Надим П. Флюидный сев овощных культур пророщенными семенами // Международный сельскохозйственный журнал. - 1985. - №1. – С. 50-52.
3. Пат 82281 Україна, МПК А01С7/00. Гідравлічний висівний апарат / А.І. Ящук. - № 200607444; заявл. 04.07.2008; опубл. 25.03.2008, Бюл. № 6.
4. Пат 19548 Україна, МПК А01С7/16. Вібраційно-дисковий висівний апарат / П.М. Заїка, М.В. Бакум, Р.В. Кириченко. - № 200607444; заявл. 04.07.2006; опубл. 15.12.2006, Бюл. № 12.
5. Сельскохозйственные машины. / [Карпенко А.С., Халанский В.М.]; За ред. А.С. Карпенко. – М.: Колос, 1983. – 495 с.
6. Пат 56339 Україна, МПК А01С7/00. Гідросівалка / В.І. Дешко, О.О. Коновал, Л.І. Кузьменко. - № u201007871; заявл. 23.06.2010; опубл. 10.01.2011, Бюл. № 1.
7. Ящук Д.А., Ольховський М.Ф., Бакум М.В., Манчинський Ю.О.. Гідросівалка для висіву пророщеного насіння. Позитивне рішення ДП «УІПВ» від 02.03.2011 р. по заявці u2010 11230 від 20.09.2010 р.

Аннотація

АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ МЕХАНИЗМОВ ДЛЯ ПОДДЕРЖАНИЯ ПОСТОЯННОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ РАСТВОРОВ В ЕМКОСТЯХ ГИДРОСЕЯЛОК

Ящук Д.А.

Приведенный анализ существующих конструкций мешалок и обоснованна конструкция которая может обеспечивать равномерное распределение семян в водо - семенной смеси по всему объему емкости не в зависимости от уровня ее заполнения.

Abstract

ANALYSIS OF CONSTRUCTIONS OF MECHANISMS FOR MAINTENANCE OF PERMANENT CONCENTRATION OF SOLUTIONS IN CAPACITIES HYDROSEEDERS

D. Yaschuk

The brought analysis over of existent constructions of mixers and обоснованна construction that can provide even distribution of seed in водо - to seminal mixture on all volume of capacity not depending on the level of her filling.

УДК 631.331

АНАЛІЗ РОЗВИТКУ КОНСТРУКЦІЙ РОБОЧИХ ОРГАНІВ СІВАЛОК І РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ЕФЕКТИВНОГО ЇХ ВИКОРИСТАННЯ

Морозов І.В., д.т.н., проф., Доценко М.Г. к.т.н., доц.

Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка

В статті наведений аналіз конструкцій сошників, які були створені в університеті за 40 років.

На кафедрі сільськогосподарських машин ХНТУСГ ім. П. Василенка проблемою створення і удосконалення робочих органів сівалок займаються біля 40 років. Започаткував цей напрямок д.т.н., професор Семенов О.М. З того часу по цій проблемі захистили кандидатські дисертації Морозов І.В., Новаков С.О., Троянов М.М., Нікітін С.П., Кириченко В.О., Доценко М.Г. і докторську дисертацію Морозов І.В.

За цей час в результаті теоретичних і експериментальних досліджень на кафедрі учнями і послідовниками О.М. Семенова, І.В. Морозовим, С.О. Новаковим, Ю.І. Трофімченком, В.О.Кириченко, М.Г. Доценком, М.В. Бакумом, С.П. Нікітіним, були розроблені і створені біля двадцяти типів сошників.

Це наральникові і дискові сошники: комбіновані наральникові і дискові, універсальні наральникові і дискові, лапові, наральникові для підсіву зріджених сходів, з комбінованими наральниками.

Деякі робочі органи представлені у цій статті.

Універсальний наральників сошник (а.с. № 398200), (рис.1) [7], призначений для сівби зернових культур.

З метою збереження заданої глибини ходу сошника і запобіганням розкопування насіння по дну борозни, сошник виконаний з прямим кутом входження у ґрунт і обладнаний ущільнювачем дна борозни з гребінкою для утворення шорсткої поверхні ущільненого ложа.

З метою рівномірного розподілу насіння по дну борозни, сошник обладнаний криволінійним напрямником і відбивачем насіння.

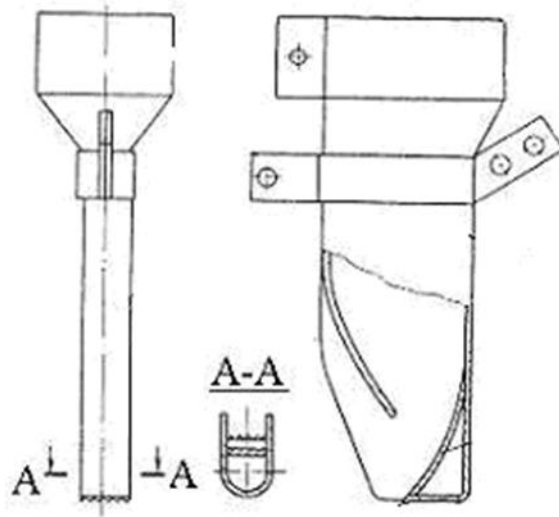


Рис.1. Універсальний наральників сошник

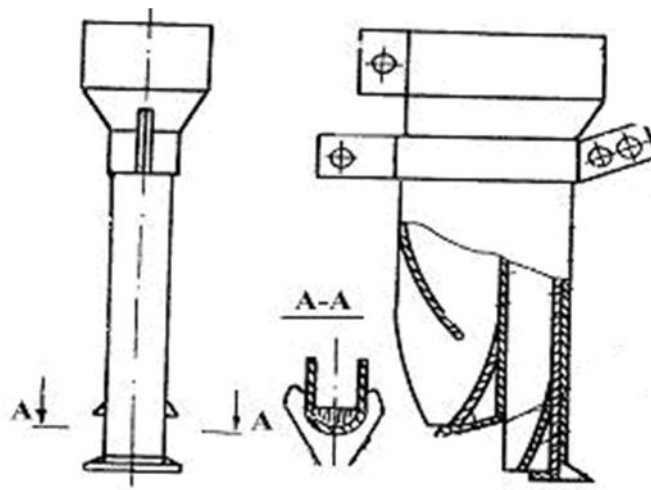


Рис.2. Комбінований лаповий сошник

Цей сошник обладнаний лапою, двома каналами для добрив і насіння. В каналі для добрив встановлений напрямник, а в каналі для насіння встановлені напрямник і відбивач насіння. Внизу канал для насіння закінчується опорною пластиною.

Перевага цього сошника заключається в тому, що цей робочий орган за один прохід готує ґрунт для сівби, вносить у ґрунт насіння і добрива. Цей сошник показує покращену рівномірність розподілу насіння у ґрунті.

Універсальний протикорозійний наральниковий сошник (рис. 3) призначений для сівби зернових культур у всіх кліматичних зонах України, в тому числі і в районах схильних до вітрової ерозії.

З метою збереження заданої глибини ходу сошника і запобігання розкочування насіння по дну борозни, сошник виконаний з прямим кутом входження у ґрунт і обладнаний ущільнювачем дна борозни з гребінкою для утворення шорсткої поверхні ущільненого ложа.

З метою ущільнення ґрунту над насінням сошник обладнаний ущільнювачем.

Сошник з комбінованим наральником призначений для сівби зернових культур.

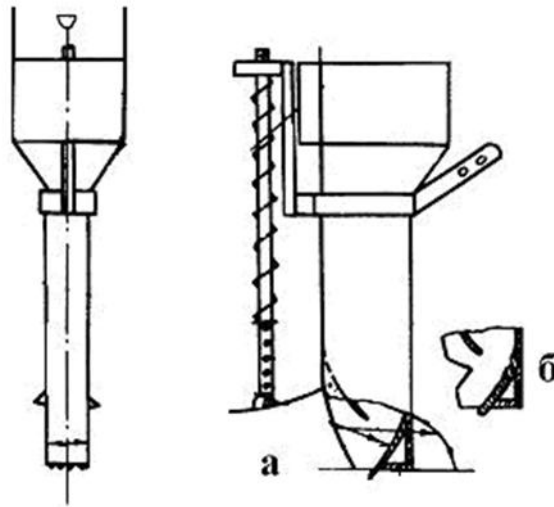


Рис.3 Універсальний протиерозійний наральників сошник

Особливістю цього сошника є наявність комбінованого наральника, завдяки чому сошник стійко рухається в поздовжньо-вертикальній площині. Сошник обладнаний криволінійним напрямником і відбивачем насіння. Завдяки цим технічним рішенням рівномірність розміщення насіння у ґрунті покращується.

Дводисковий сошник з ущільнювачем шару ґрунту над насінням призначений для сівби зернових культур в усіх кліматичних зонах України.

З метою покращення рівномірності розташування насіння у ґрунті і умов їх проростання сошник обладнаний експериментальним науково обґрунтованим напрямником для насіння і ущільнювачем шару ґрунту над насінням.

Анкерний сошник для вузькорядної сівби (а.с. № 1507235) призначений для висіву всіх зернових культур з рівними міжряддями, в тому числі і вузькорядним до 7 см. (рис.4).

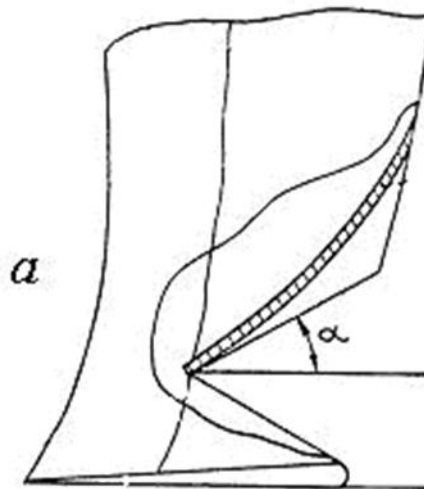


Рис.4. Анкерний сошник для вузькорядної сівби

З метою покращення рівномірності заробки насіння і сівби з міжряддями до 7см., сошник обладнаний напрямником для насіння і має вирізи V- подібної форми у бокових щоках.

Завдяки цим удосконаленням цей сошник підвищує врожайність зернових культур.

Анкерний універсальний сошник (а.с. № 1678230) [2], (рис.5) обладнаний напрямником і відбивачем для насіння. З метою покращення рівномірності розташування насіння у ґрунті і універсалізації цього сошника, кривизна робочої поверхні відбивача регулюється.

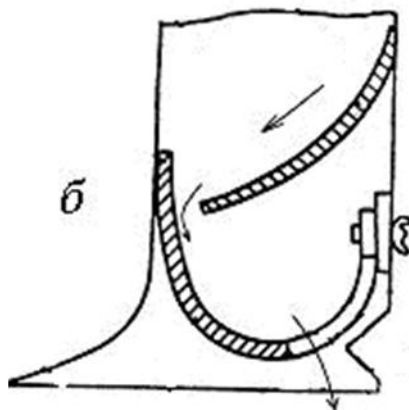


Рис.5. Анкерний універсальний сошник

Наральниковий сошник з ущільнювачем - сепаратором (а.с. № 1168127) [3], (рис.6) призначений для висіву всіх зернових культур в усіх кліматичних зонах України, в тому числі і в районах підлеглих вітрової ерозії.

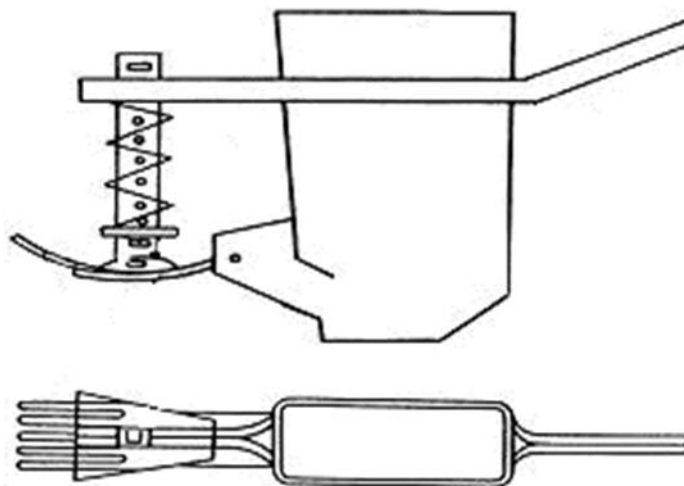


Рис.6. Наральниковий сошник з ущільнювачем-сепаратором

Сошник, крім напрямника і відбивача насіння, обладнаний ущільнювачем-сепаратором шару ґрунту над насінням.

Завдяки цим технічним рішенням, цей сошник краще розміщує насіння у ґрунті, ущільнює ґрунт над насінням і сепарує поверхневий шар ґрунту таким чином, що на поверхні розміщуються більш крупні частинки ґрунту, які

протидіють вітрової ерозії.

Універсальний наральниковий сошник (а. с. № 1806513 А.1) (рис.7) призначений для висіву всіх зернових культур в усіх кліматичних зонах України.

З метою універсалізації сошника для роботи на різних типах ґрунтів, сошник обладнаний з одного боку – наральником з тупим кутом входження у ґрунт, а з протилежного боку наральником з гострим кутом входження у ґрунт.

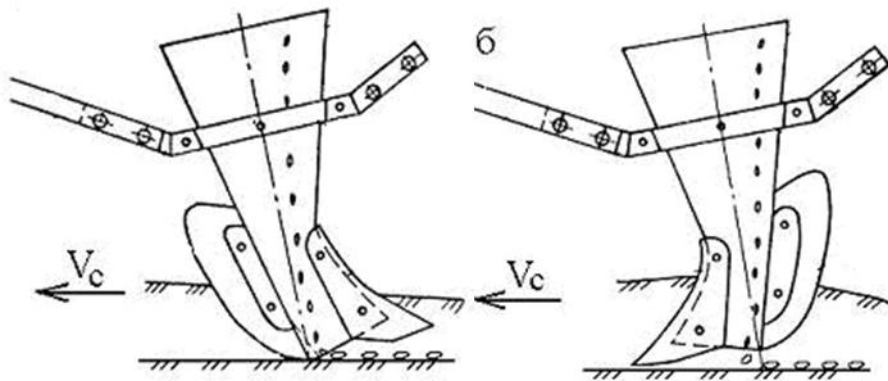


Рис. 7 Універсальний наральниковий сошник

Універсальний сошник з комбінованим наральником (Патент 55681А України).

З метою стабілізації ходу сошника по глибині, створення оптимальних умов для проростання насіння і розвитку культурних рослин і несприятливих умов для бур'янів, у міжряддях сошник розділяє шар ґрунту на три рівні, які відрізняються своїми параметрами: щільністю, структурою, вологістю, і розміщує насіння на ущільнене ложе на однакову глибину, засипає їх вологим ґрунтом, ущільнює його до оптимальних значень.

Для більш ефективного використання сошників Морозовим І.В. розроблені рекомендації.

В Україні є 39 типів ґрунтів, які, включають 91 вид, що істотно відрізняються по фізико-механічним властивостям. Для більш ефективного використання сошників пропонуємо наступні рекомендації щодо застосування серійних і експериментальних робочих органів:

– дискові й анкерні сошники з гострим кутом входження в ґрунт рекомендується застосовувати на щільних ґрунтах з великим питомим опором $(4-5)10^4$ Н/м² і для висіву насіння із глибоким закладенням (до 0,10 м). Дискові сошники менш вимогливі до підготовки ґрунту, задовільно працюють на забруднених і перезволожених ґрунтах (більш 20% вологістю);

– кильовидні сошники з тупим кутом входження в ґрунт ефективно застосовувати на ґрунтах добре розпушених, з малим питомим опором $(2-3)10^4$ Н/см² і для насіння, закладення яких згідно агрономогам допускається на невелику глибину, як правило, до 0,05 м;

– сошники з прямим кутом входження в ґрунту і з комбінованим наральником рекомендується застосовувати на ґрунтах із середнім питомим

опором $(3-4)10^4$ Н/м² і для насіння із глибиною закладення від 0,04 до 0,08 м. Сошники з такими наральниками показують достатню рівномірність розподілу насіння у ґрунті;

– анкерно-дискові сошники більш універсальні, можуть працювати на будь-яких ґрунтах, з різним питомим опором і при висіві будь-яких зернових культур із глибиною закладення 0,04-0,08 м;

– на ерозійно-небезпечних ґрунтах варто застосовувати дискові і наральникові сошники з ущільнювачами-сепараторами поверхневого шару фунту, що забезпечив підвищену рівномірність розподілу насіння як по площі, так і глибині.

Список використаних джерел

1. АС № 398200 СССР М. Ка 01с7/20 Сошник. Семенов А.Н., Морозов И.В. Заявка 31.01.1972, опубл. 12.04.1974. Бюл. № 38.
2. АС № 1678230 СССР М. Кл. 01с7/20 Сошник. Морозов И.В., Никитин С.П., Бакум Н.В., Кириченко В.А. Заявка 26.01.1989, опубл. 23.03.1991. Бюл. № 35.
3. АС № 1168127 А СССР И. Кл 01с7/2 Сошник. Морозов И.В., Трофимченко Ю.И., Доценко Н.Г., Кириченко В.А., Горбачев И.И. Заявка 15.02.1984, опубл. 23.07.1985. Бюл. № 27.

Аннотация

АНАЛИЗ РАЗВИТИЯ КОНСТРУКЦИЙ РАБОЧИХ ОРГАНОВ СЕЯЛОК И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ЭФФЕКТИВНОМУ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ

Морозов И.В., Доценко Н.Г.

В статье представлен анализ конструкций сошников, которые были созданы в университете за сорок лет.

Abstract

ANALYSIS OF DEVELOPMENT OF CONSTRUCTIONS OF WORKINGS ORGANS OF SEYALOK AND RECOMMENDATION ON THEIR EFFECTIVE USE

Morozov I., Docenko N.

The analysis of constructions of soshnikov which were created in an university for forty years is presented In the article.

Зміст

ПРОБЛЕМА ЕФЕКТИВНОГО МАШИНОВИКОРИСТАННЯ В ЗЕМЛЕРОБСТВІ ЗА РІЗНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІВНІВ ГОСПОДАРСТВ5	
<i>Ковтун Ю.І., Харченко С.О.</i>	
ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ІНФОРМАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ9	
<i>Лютинський В.Л., Харченко С.О.</i>	
ЗАЛЕЖНІСТЬ МАШИНОВИКОРИСТАННЯ В ЗЕМЛЕРОБСТВІ ВІД ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІВНІВ ГОСПОДАРСТВ НА ПРИКЛАДІ БАЛАКЛІЙСЬКОГО РАЙОНУ ХАРКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ16	
<i>Ковтун Ю.І., Чигрин А.Г., Анікєєв О.І., Калюжний О.Д.</i>	
МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РУХУ ЧАСТИНКИ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ ПІСЛЯ СХОДЖЕННЯ З ДИСКА ВІДЦЕНТРОВОГО РОЗКИДАЧА ПРИ НАЯВНОСТІ ЗМІННОГО АЕРОДИНАМІЧНОГО ОПОРУ СЕРЕДОВИЩА (ПОВІТРЯ)21	
<i>Ловейкін В.С., Човнюк Ю.В., Дитюк А.І.</i>	
МОДЕЛЬ РОЗСІВАННЯ ГРАНУЛ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ ПІСЛЯ СХОДЖЕННЯ З ДИСКА ВІДЦЕНТРОВОГО РОЗКИДАЧА ПРИ ДІЇ ВІТРУ ...27	
<i>Ловейкін В.С., Човнюк Ю.В., Дитюк А.І.</i>	
НАВЕСНОЇ ОПРІСКИВАТЕЛЬ36	
<i>Калюжний А.Д., Ридний В.Ф., Борхаленко Ю.А., Сыровицкий К.Г.</i>	
РІВНІ ЕФЕКТИВНОСТІ МАШИНОВИКОРИСТАННЯ В ЗЕМЛЕРОБСТВІ НА ПРИКЛАДІ ГОСПОДАРСЬКИХ ОБ'ЄКТІВ ЗОЛОЧІВСЬКОГО РАЙОНУ ХАРКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ40	
<i>Ковтун Ю.І., Циганенко М.О., Красноруцький О.М., Качанов В.В.</i>	
ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ЕФЕКТИВНОГО МАШИНОГО АГРЕГАТУ ДЛЯ ВИКОНАННЯ МЕХАНІЗОВАНОЇ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ОПЕРАЦІЇ45	
<i>Зубко В.М.</i>	
ОБҐРУНТУВАННЯ ОТВОРІВ ДОЗУЮЧОГО УСТРОЮ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ШНЕКОВОГО РОЗПОДІЛЬЧОГО ОРґАНУ54	
<i>Фесенко Г.В., Сівцов О.В., Сівцов Ю.В.</i>	
УПРАВЛЕНИЕ СРОКАМИ ВЫПОЛНЕНИЯ ПОЛЕВЫХ РАБОТ59	
<i>Мельник В.И., Чигрина С.А.</i>	
К ВОПРОСУ ТЕПЛОВОЙ ЗАЩИТЫ ОТКРЫТОЙ АГРОЭКОСИСТЕМЫ В ПЕРИОД ЗАМОРОЗКА ПУТЁМ РАСПЫЛЕНИЯ ЖИДКОСТИ.....68	
<i>Пастухов В.И., Рудницкая А.В., Минячихин А.В., Рудницкий Е.Н.</i>	
ОПТИМІЗАЦІЯ СЕКУНДНОЇ ПОДАЧІ СТЕБЕЛ В ЛЬОНОЗБИРАЛЬНИЙ КОМБАЙН.....76	
<i>Лімонт А.С.</i>	

МОДЕЛЮВАННЯ СТРУКТУРИ КОМПЛЕКСІВ МАШИН ТА МАШИННО-ТРАКТОРНОГО ПАРКУ	83
<i>Бурилко А.В.</i>	
ВИБІР КРИТЕРІЇВ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ВНЕСЕННЯ ОРГАНІЧНИХ ДОБРІВ	90
<i>Пастухов В.І., Рудницький Є.М., Рудницька Г.В.</i>	
РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ РОБОЧИХ ОРГАНІВ МАШИНИ ДЛЯ ВНЕСЕННЯ ОРГАНІЧНИХ ДОБРІВ	94
<i>Герук С.М., Боровський В.М., Хоменко С.М., Сахнюк С.В.</i>	
МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІЧНИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ СИСТЕМИ ЗВОЛОЖЕННЯ ПОВІТРЯ І АВТОМАТИЗАЦІЯ КЕРУВАННЯ НИМИ.....	101
<i>Котов Б.І., Грищенко В.О.</i>	
СУЧАСНИЙ СТАН МАШИНОВИКОРИСТАННЯ В ЗЕМЛЕРОБСТВІ НА ПРИКЛАДІ ГОСПОДАРСТВ КРАСНОГРАДСЬКОГО РАЙОНУ ХАРКІВСЬКОЇ ОЛАСТИ	109
<i>Ковтун Ю.І., Міронов П.А.</i>	
К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ОПТИМАЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ РАБОТЫ АГРЕГАТА ПО ВНЕСЕНИЮ УДОБРЕНИЙ МЕТОДОМ РАЗБРАСЫВАНИЯ	113
<i>Мельник В.И., Романащенко А.А.</i>	
ОСОБЕННОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ НЕЛИНЕЙНЫХ ВОЛН ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ РАБОЧИХ ОРГАНОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН С ОБРАБАТЫВАЕМЫМИ НЕУПРУГИМИ СПЛОШНЫМИ СРЕДАМИ	121
<i>Ловейкин В.С., Човнюк Ю.В., Тисленко А.Б.</i>	
ОСОБЛИВОСТІ КОНСТРУКЦІЇ ТА ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ ПОЛЬОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ДИСКОВОГО ПЛУГА	143
<i>Волик Б.А., Пугач А.М., Теслюк Г.В., Семенюта А.М.</i>	
ОСОБЛИВОСТІ КОНСТРУКЦІЇ ТА ПОЛЬОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПЛУГА - БУКЕРА	148
<i>Конащук В.В.</i>	
ПРИМЕНЕНИЕ ОБОБЩЕННЫХ УРАВНЕНИЙ НАВЬЕ-СТОКСА ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ДВИЖЕНИЯ ЗЕРНА ПО ЦИЛИНДРИЧЕСКОМУ ВИБРОРЕШЕТУ	152
<i>Ольшанский В.П., Ольшанский С.В.</i>	
ХАРАКТЕРИСТИКА АЕРОДИНАМІЧНОГО ПОЛЯ В РОБОЧІЙ КАМЕРІ ДВОБАРАБАННОГО ОБЧІСУЮЧОГО ПРИСТРОЮ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНОЇ МАШИНИ	161
<i>Стоєв М.Ф., Данченко М.М.</i>	

ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ ЗМІНИ ПРОФІЛЮ ЛЕЗА РОБОЧИХ ОРГАНІВ ДИСКОВИХ ГРУНТООБРОБНИХ ЗНАРЯДЬ	170
<i>Борак К.В.</i>	
МЕТОДИКА ТА ЗАСОБИ ЛАБОРАТОРНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ПРОЦЕСУ ВІДОКРЕМЛЕННЯ ГИЧКИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИМИ РОБОЧИМИ ОРГАНАМИ	175
<i>Булгаков В.М., Борис А.М.</i>	
АНАЛІТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ „ГІДРОДВИГУН – ДЕМПФЕРНА МУФТА – ВІБРОЗБУРЮВАЧ КОЛИВАНЬ”	189
<i>Семен Я.В.</i>	
ВИЗНАЧЕННЯ ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ДИСКОВОГО ЛУЩИЛЬНИКА.....	195
<i>Пащенко В.Ф., Онишко М.І., Дорожко І.М., Сєдих К.В.</i>	
ВПЛИВ ЛОКАЛЬНОГО РОЗПУШЕННЯ ҐРУНТУ НА ЙОГО ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ.....	198
<i>Пащенко В.Ф., Гусаренко М.П., Дьяконов С.О., Огурцов Є.М.</i>	
АНАЛІЗ РОБОТИ ПРИСТРОЮ ДЛЯ ЗБИРАННЯ ТА ЗНИЩЕННЯ КОЛОРАДСЬКОГО ЖУКА.....	203
<i>Арендаренко В.М., Харак Р.М., Самойленко Т.В.</i>	
ПОЛЬОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ СПРАЦЮВАННЯ КУЛЬТИВАТОРНИХ ЛАП З ЛОКАЛЬНИМ ЗМІЦНЕННЯМ.....	208
<i>Кобець А.С., Кобець О.М., Пугач А.М.</i>	
ДО ОБҐРУНТУВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ПНЕВМАТИЧНОГО СЕПАРАТОРА З НАХИЛЕНИМ ПОВІТРЯНИМ КАНАЛОМ В ЯКОСТІ МАШИНИ ПОПЕРЕДНЬОЇ СЕПАРАЦІЇ НАСІННЄВИХ СУМІШЕЙ МОРКВИ.....	214
<i>Бакум М.В., Кречот М.М., Абдуєв М.М., Вотченко О.С., Шептур О. А., Могільний М.В.</i>	
ЗАКОНОМІРНОСТІ ВТРАТ НАСІННЯ ПРИ ОЧІСУВАННІ СТЕБЕЛ В ЛЬОНОЗБИРАЛЬНОМУ КОМБАЙНІ.....	221
<i>Лімонт А.С.</i>	
ВПЛИВ СТРУКТУРИ МЕХАНІЧНОЇ СИСТЕМИ «ТРАКТОР–НАЧІПКА–ПЛУГ» НА ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ ОРАНКИ ПРИ НЕСТІЙКОМУ РУСІ	229
<i>Пастухов В.І., Кучеренко С.І., Скофенко С.М., Бурлака В.В.</i>	
РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ НЕСТІЙКОГО РУХУ ОРНОГО АГРЕГАТУ НА ФІЗИЧНИХ МОДЕЛЯХ	235
<i>Пастухов В.І., Скофенко С.М., Фесенко Г.В., Бурлака В.В., Малець О.М.</i>	

КОЛЕБАНИЯ СЕПАРИРУЕМОЙ ЗЕРНОВОЙ СМЕСИ ВСЛЕДСТВИЕ ПОПЕРЕЧНЫХ ВИБРАЦИЙ РЕШЕТА.....	243
<i>Ольшанский В.П., Кучеренко С.И., Ольшанский С.В., Малец О.Н.</i>	
ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ СУШІННЯ НАСІННЯ ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО З РОЗРОБКОЮ КОНСТРУКЦІЇ СУШАРКИ	250
<i>Ящук А.А., Кірчук Р.В., Голій О.В.</i>	
ДИНАМІЧНИЙ АНАЛІЗ ФРИКЦІЙНИХ АВТОКОЛИВАНЬ ВІБРАЦІЙНОЇ РОЗПУШУВАЛЬНОЇ ЛАПИ КУЛЬТИВАТОРА ПРИ СПРОЩЕНІЙ ХАРАКТЕРИСТИЦІ ТЕРТЯ.....	258
<i>Човник Ю.В., Гуменюк Ю.О.</i>	
ЗАГАЛЬНІ ЗАСАДИ ФОРМУВАННЯ АСПЕКТІВ НАДІЙНОСТІ СКЛАДНОЇ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ.....	265
<i>Думенко К.М.</i>	
ОБҐРУНТУВАННЯ ГІПОТЕЗИ БЕЗКОНТАКТНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ	273
<i>Падалка В.В.</i>	
СПОСІБ ПЕРЕДПОСІВНОГО ОПРОМІНЕННЯ НАСІННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР УЛЬТРАВИСОКОЧАСТОТНИМ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИМ ПОЛЕМ	276
<i>Петровський О.М.</i>	
РЕЗУЛЬТАТИ ЛАБОРАТОРНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ РОБОТИ ТОРСІОННО–УДАРНОГО РОЗПУШУВАЧА ҐРУНТУ	284
<i>Бабицький Л.Ф., Падалка В.В., Ляшенко С.В.</i>	
РОТАЦІЙНІ РОБОЧІ ОРГАНИ ДЛЯ ОБРОБІТКУ МІЖРЯДЬ ПРОСАПНИХ КУЛЬТУР.....	292
<i>Пастухов В.І., Браженко С.А.</i>	
ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ СУШАРКИ НА ОСНОВІ МОДЕЛІ ПЕРЕМІЩЕННЯ МАТЕРІАЛУ СПРАЛЕПОДІБНОЮ ПОВЕРХНЕЮ	297
<i>Дідух В.Ф., Кірчук Р.В., Кокалюк Л.Ю.</i>	
РЕАЛІЗАЦІЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИМИ РЕЖИМАМИ РОБОТИ ЕЛЕКТРОТЕПЛОВЕНТИЛЯЦІЙНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ АКТИВНОГО ВЕНТИЛЮВАННЯ ЗЕРНА	304
<i>Котов Б.І., Калініченко Р.А.</i>	
ОСОБЛИВОСТІ ПІСЛЯЗБИРАЛЬНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ РЕДИСКИ НА ВІБРОФРИКЦІЙНОМУ СЕПАРАТОРІ	311
<i>Зайка П.М., Бакум М.В., Михайлов А.Д., Козій О.Б., Козій Д.О.</i>	
ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РЕЖИМІВ ПНЕВМОСЕПАРАТОРА З ПИЛООСАДЖУВАЛЬНОЮ КАМЕРОЮ ПРИ СЕПАРАЦІЇ РУШАНКИ НАСІННЯ РИЦІНИ	319
<i>Дідур В.А., Чебанов А.Б.</i>	

ВПЛИВ МЕЛІОРАТИВНОЇ ПЛАНТАЖНОЇ ОРАНКИ НА УРОЖАЙНІСТЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР НА СОЛОНЦЕВИХ ГРУНТАХ СУХОГО СТЕПУ УКРАЇНИ	325
<i>Гаврилович Н.Ю., Дрозд О.М.</i>	
КРАПЛИННЕ ЗРОШЕННЯ ЯК ЧИННИК ВПЛИВУ НА АГРОФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ЧОРНОЗЕМУ ОПІДЗОЛЕНОГО ТА ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ КОНТУРІВ ЗВОЛОЖЕННЯ	331
<i>Афанасьєв Ю.О.</i>	
МОДЕЛЮВАННЯ РОБОЧОЇ ПОВЕРХНІ ДИСКОВОГО РОБОЧОГО ОРГАНА	336
<i>Канівець О.В.</i>	
ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОЧИХ ОРГАНІВ ГРУНТООБРОБНИХ ЗНАРЯДЬ	340
<i>Дудник В.В.</i>	
МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ФУНКЦІОНУВАННЯ АПАРАТУ ДЛЯ ВИСІВУ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ	345
<i>Пастухов В.І., Сівцов Ю.В.</i>	
ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ РАМИ ВИКОПУЮЧОГО ПРИСТРОЮ КОРЕНЕЗБИРАЛЬНОЇ МАШИНИ	352
<i>Підгурський М.І., Сташків М.Я., Барановський В.М., Довбуш Т.А.</i>	
ВДОСКОНАЛЕННЯ ПНЕВМОМЕХАНІЧНОГО ВИСІВНОГО АПАРАТА ДЛЯ ТОЧНОГО ВИСІВУ НАСІННЯ ПРОСАПНИХ КУЛЬТУР	359
<i>Петренко М.М., Васильковський М.І., Васильковська К.В.</i>	
ДО РОЗРОБКИ МЕТОДИКИ ПРОГНОЗУВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ СЕПАРАЦІЇ НАСІННЄВИХ СУМІШЕЙ НА РЕШЕТАХ	363
<i>Бакум М.В., Горбатовський О.М.</i>	
ДИНАМІКА ВИКОПУВАННЯ КОРЕНЕПЛОДІВ РОБОЧИМ ОРГАНОМ ТИПУ «СКОБА» ТА ВИЗНАЧЕННЯ ЇЇ ПАРАМЕТРІВ	372
<i>Сокол С.П.</i>	
ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ МЕХАНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ НАСІННЯ РІПАКУ, ЛЮЦЕРНИ ТА МОРКВИ	380
<i>Кириченко Р.В.</i>	
ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ФОРМУВАННЯ ГРАНУЛ ОРГАНО-МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ МЕТОДОМ ОБКОЧУВАННЯ	387
<i>Дідух В.Ф., Тараймович І.В., Тарасюк В.В., Русаков Д.С.</i>	
АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ МЕХАНІЗМІВ ДЛЯ ПІДТРИМАННЯ СТАЛОЇ КОНЦЕНТРАЦІЇ РОЗЧИНІВ В ЄМНОСТЯХ ГІДРОСІВАЛОК	395
<i>Ящук Д.А.</i>	
АНАЛІЗ РОЗВИТКУ КОНСТРУКЦІЙ РОБОЧИХ ОРГАНІВ СІВАЛОК І РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ЕФЕКТИВНОГО ЇХ ВИКОРИСТАННЯ	402
<i>Морозов І.В., Доценко М.Г.</i>	

ВІСНИК
ХАРКІВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА ІМЕНІ ПЕТРА ВАСИЛЕНКА

Випуск 107

“Механізація сільськогосподарського виробництва”

Том 1

Відповідальний за випуск: Харченко С.О.

Редактори: Харченко С.О., Пастухов В.І.

Комп’ютерна верстка: Коршунов К.С., Сировицький К.Г., Леонов В.П.

Видання здійснено на кошти Харківського міського благодійного фонду
"Інженерні кадри села"

Електронний варіант можна завантажити з сайту
ННІ МСМ ХНТУСГ ім. Петра Василенка:
<http://mtf-khntusg.at.ua>

Підписано до друку 16.03.2011. Здано до набору 17.03.2011.
Формат 60×84 1/16. Папір офсетний. Гарнітура Times New Roman.
Офсетний друк. Умов. друк. арк. 19,8
Тираж 300 примірників

Роздруковано у друкарні ФОП Червяк В.С.
61120, Харків, вул. Г. Широнінців, 18, к.179

Зам. № 19/11 тел. 7328660