

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра агроінженерії

Допущено до захисту
“ ____ ” _____ 20 ____ р.
Зав. кафедри к.т.н., доцент
(науковий ступінь, вчене звання)
А.В. Войтік
(підпис) (ініціали, прізвище)

ДИПЛОМНА РОБОТА

магістр

(освітній рівень)

тема роботи «РОЗРОБКА ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ
ОБЧІСУВАННЯ НАСІННЄВОГО ВОРОХУ»

Виконав: студент 2 курсу, групи 22м-ім
освітньої програми магістр
спеціальності 208
«Агроінженерія»
Білокур Ю.В.
(прізвище та ініціали)

Керівник к.т.н., доцент Лісовий І.О.
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

м. Умань – 2023 рік

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра агроінженерії

Освітня програма _____ магістр _____
Спеціальність _____ 208 «Агроінженерія» _____
(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
_____ **А.В. Войтік**
“ _____ ” _____ 20 __ р.

ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ

студенту _____ Білокур Юрій Віталійович _____
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Розробка та обґрунтування технології обчислення насіннєвого вороху» _____

керівник роботи _____ Лісовий І.О., к.т.н., доцент _____
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від

“18” квітня 20 22 р. № 01-06/43 _____

2. Строк подання студентом роботи _____ 25.11.2022 р. _____

3. Вихідні дані до роботи: навчальна, наукова та періодична література за темою роботи; _____

4. Перелік питань, які потрібно розробити: _____

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
підготувати ілюстративний матеріал у вигляді презентації (до 20 слайдів) як
додаток до доповіді за темою дипломної роботи: _____

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Прокопенко Е.В., доцент		
Техніко-економічне обґрунтування	Лісовий І.О., доцент		

7. Дата видачі завдання 18 квітня 2022 року**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	При- мітка
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			
7.			
8.			
9.			

Студент_____
(підпис)Білокур Ю.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи_____
(підпис)Лісовий І.О.

(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ	5
ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. СТАН ПИТАННЯ МЕТА ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕНЬ	8
1.1. Обґрунтування типу та принципової конструктивно-технологічної схеми обчісувального пристрою	8
1.2 Класифікація обчісувальних пристроїв	8
1.3. Аналіз конструктивних схем обчісувальних пристроїв	12
1.4 Задачі досліджень	18
Висновки до розділу	19
РОЗДІЛ 2 АНАЛІТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ЗБИРАННЯ НАСІННЯ ЛЮЦЕРНИ МЕТОДОМ ОБЧІСУВАННЯ	20
2.1. Аналіз роботи стеблепідіймачів	20
2.2 Рух обчесаного вороху в повітряному потоці пневмотранспортера	28
Висновки до розділу	34
РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ	35
3.1 Лабораторний стенд, прилади та обладнання для проведення експериментальних досліджень	35
3.2 Результати лабораторних досліджень та їх аналіз	38
Висновки до розділу	48
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ	50
4.1 Характеристика і аналіз небезпечних та шкідливих факторів, які можуть виникнути під час збирання врожаю	50
4.2 Розробка організаційно-технічних заходів по забезпеченню нормальних санітарно-гігієнічних умов праці під час збирання врожаю	51
4.3 Моделювання небезпечних ситуацій під час роботи збирального агрегату	52
Висновки до розділу	53
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	54
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	55
ДОДАТКИ	60

РЕФЕРАТ

Білокур Ю.В. «Розробка та обґрунтування технології обчісування насіннєвого вороху». (Магістерська робота. Умань, Уманський національний університет садівництва, 2023: пояснювальна записка на сторінках, рисунка, таблиць, графічна частина підготовлено ілюстративний матеріал у вигляді презентації слайдів як додаток до доповіді за темою магістерської роботи)

В роботі одержані такі результати: обґрунтовано технологічний процес збирання насіння люцерни методом обчісування рослинної маси на корені та визначено принципову конструктивно-технологічну схему пристрою для його реалізації; досліджені основні фізико-механічні та агробіологічні властивості люцерни з точки зору застосування методу обчісування; встановлені раціональні параметри стеблепідіймачів і на їх основі за аналітичною залежністю визначено кут відхилення рослинної маси в площині рядка ребром стеблепідіймача; проаналізовано характер взаємодії лопатей обчісувальних роторів з рослинною масою і визначені умови відриву бобів з насінням від стебел; досліджено рух часток обчесаного вороху після сходження з лопатей роторів і обґрунтовано форму та розміри приймальних камер пневмотранспортера; в лабораторних та польових умовах досліджено вплив параметрів та режимів роботи обчісувального пристрою на якість збиральних робіт; на основі проведених досліджень розроблено трьохрядний обчісувальний пристрій для збирання насіннєвого вороху люцерни.

Запропоновано організацію безпечних умов праці для механізатора на розкидачі добрив.

Техніко-економічні показники підтверджують ефективність отриманих результатів досліджень.

Ключові слова: ЛОПАТЕЙ, МАШИНА, ЕНЕРГОЄМНІСТЬ, ПРОДУКТИВНІСТЬ.

ВСТУП

Збільшення обсягів виробництва насіння люцерни та зниження його собівартості є актуальною науково-технічною та народногосподарською проблемою. Це пояснюється необхідністю зміцнення власної кормової бази тваринництва України та значним попитом на насіння за її межами.

Один з основних резервів зростання виробництва насіння люцерни полягає у вдосконаленні технологій збирання, які базуються, в основному, на застосуванні зернових комбайнів, що не дозволяє якісно і без втрат зібрати вирощений урожай насіння, особливо при високій вологості рослинної маси.

Для зниження втрат насіння в процесі збирання розроблені та застосовуються на практиці технології, які передбачають перенесення операцій обмолоту та сепарації з поля на стаціонарні пункти, що дозволило також обмежити вплив погодних умов на процес збирання. Проте транспортування, зберігання та обробіток на стаціонарних пунктах всієї біологічної маси, в якій міститься від 2 до 10% насіння, суттєво підвищило його собівартість. Впровадження таких технологій потребує великих площ для накопичення зібраного урожаю та потужного високопродуктивного обладнання стаціонарних пунктів, тому в полі доцільно збирати і транспортувати на стаціонарний пункт не всю рослинну масу, а лише насіннєвий ворох. Це найбільш перспективний напрям розвитку технологій збирання насіння люцерни, але його практична реалізація стримується відсутністю технічних засобів для збирання насіннєвого вороху [1].

Актуальність теми досліджень зумовлена необхідністю пошуку раціонального способу збирання насіннєвого вороху люцерни з мінімальними втратами насіння незалежно від погодних умов, а також розробки конструктивно-технологічної схеми пристрою для реалізації цього способу, обґрунтування основних параметрів та режимів його роботи, що має велике народногосподарське значення для України.

Мета і задачі досліджень. Метою роботи є вдосконалення технологій збирання насіння люцерни шляхом застосування методу обчісування рослинної маси на корені та розробка технічного засобу для збирання насіннєвого вороху, що дозволить збільшити виробництво насіння люцерни.

Досягнення поставленої мети залежить від вирішення наступних задач: визначити та обґрунтувати перспективний напрям вдосконалення технологій збирання насіння люцерни; дослідити фізико-механічні властивості люцерни з точки зору застосування методу обчісування рослинної маси на корені; визначити принципову конструктивно-технологічну схему обчісувального пристрою; провести аналітичні та експериментальні лабораторні дослідження процесу обчісування рослинної маси, встановити основні параметри і режими роботи пристрою для збирання насіннєвого вороху; виготовити дослідний зразок та провести виробничі випробування збирального агрегату з обчісувальним пристроєм; визначити техніко-економічну ефективність впровадження у виробництво технологічного процесу збирання насіння люцерни з використанням розробленого обчісувального пристрою.

РОЗДІЛ 1. СТАН ПИТАННЯ МЕТА ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1. Обґрунтування типу та принципової конструктивно-технологічної схеми обчісувального пристрою

Обчісування рослинної маси, як один із способів збирання сільськогосподарських культур, відомий давно. Ще за часів древніх римлян спочатку Пліній (23...79 роки), а потім Палладій (4 століття), описали схему та процес роботи гальської жниварки для обчісування колосків зернових культур [1]. Цей принцип був закладений в основу конструкції збиральних машин австралійського типу, так званих “стриперів” (від англ. *Strip* - здирати), в яких відділення колосків здійснюється шляхом протягування рослин через пасивні гребінки.

Для активізації процесу стрипери обладнали різноманітними пристосуваннями: мотовилами для порційної подачі рослинної маси (обчісувальна машина Пустигіна), бітерами або барабанами (гребенева машина Джона Редлея), притискними транспортерами (обчісувач Чулкова), подільниками-стеблепідій-мачами [1].

Прагнення до універсалізації обчісувальних пристроїв, інтенсифікації процесу та зменшення втрат урожаю призвело до створення принципово нових робочих органів, використання різноманітних їх комбінацій і, як наслідок, до ускладнення конструкцій. Розширився і діапазон використання обчісувальних пристроїв. Якщо перші обчісувальні пристрої застосовували, в основному, для збирання зернових колосових культур, то в наш час принцип обчісування широко використовується в агрегатах для збирання льону, бавовни, кукурудзи, гороху, сої, квасолі, хмелю, плодів суниці, листя та суцвіть різноманітних кормових і лікарських трав, а також їх насіння [2-6].

1.2 Класифікація обчісувальних пристроїв

Різнманітність конструкцій обчісувальних пристроїв зумовила необхідність їх систематизації (рис. 1.1). За способом підведення рослин до

обчісувальних робочих органів розрізняють обчісування з попереднім зрізуванням або висмикуванням рослини і обчісування рослин на корені.

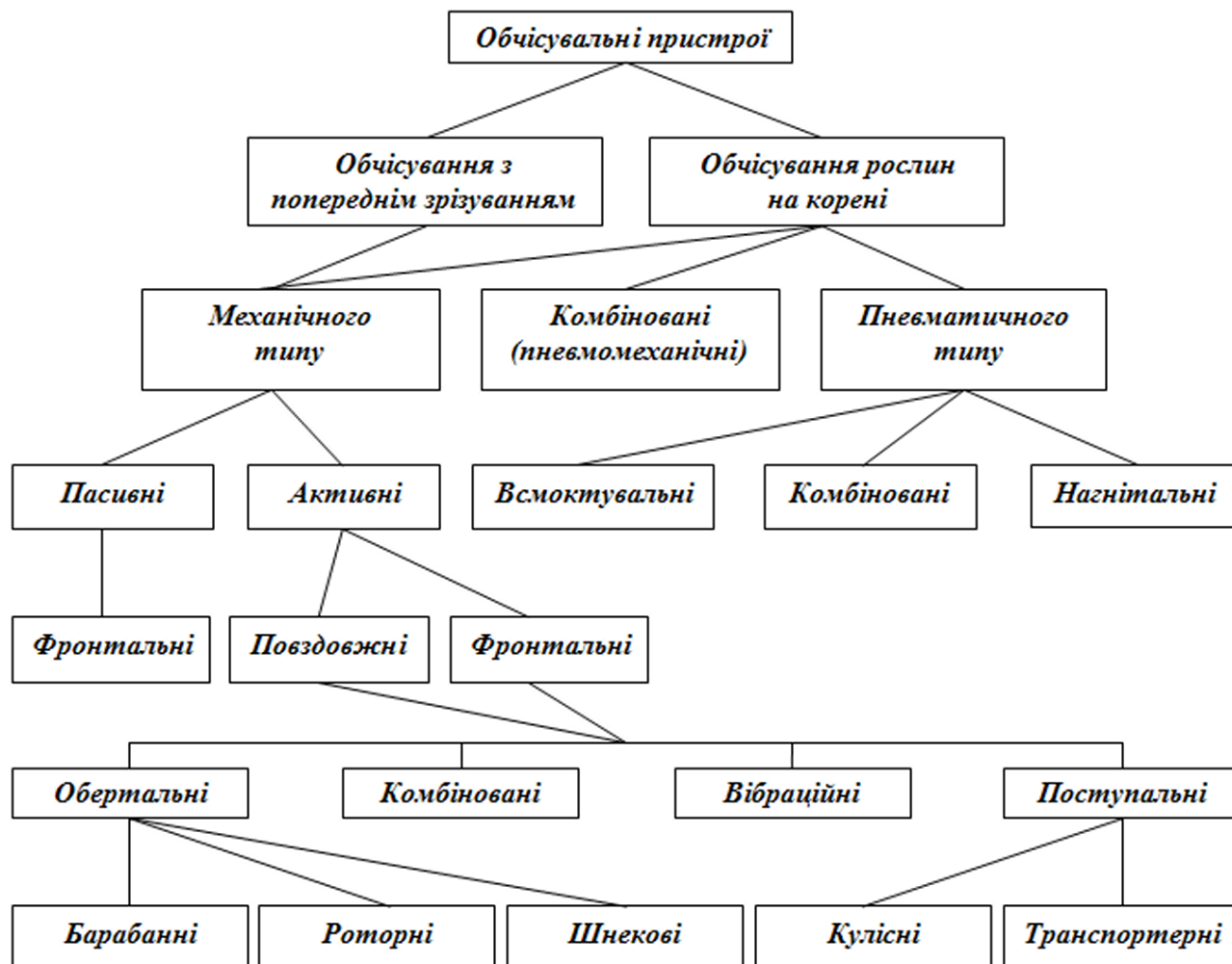


Рис. 1.1. Класифікація обчісувальних пристроїв

Висмикування (брання) рослин з ґрунту застосовують при збиранні однорічних культур, у яких міцність зв'язку з ґрунтом значно нижча, ніж зусилля розриву стебла і у яких стебло має кормову або технічну цінність, як у льону, коноплі, кенафу [7,8].

Попереднє висмикування з ґрунту або зрізання рослин дозволяє раціонально розмістити обчісувальні робочі органи, що підвищує якість виконання операції, спрощує збір обчесаного вороху і зменшує втрати урожаю. Але при цьому ускладнюється конструкція пристрою та підвищується його енергоємність за рахунок встановлення системи різноманітних затискних транспортерів, різального або брального апаратів.

При обчісуванні рослин на корені ставляться більш жорсткі умови до конструктивного компонування обчісувальних робочих органів, що ускладнює процес збирання обчесаного вороху та його відведення з зони обчісування. Проте, завдяки простоті конструкції, надійності виконання процесу, високій продуктивності і відносно невисокій енергоємності такі пристрої останнім часом набувають широкої популярності.

Сучасні обчісувальні пристрої розрізняються принципом і характером дії на рослини, типом і формою робочих органів, конструктивним виконанням і рядом інших особливостей. За принципом дії обчісувальні пристрої поділяють на механічні, пневматичні і комбіновані.

Машини механічного типу взаємодіють з рослинами пасивно (гребінки, щілини, пальці) або активно (бітера, ротори, шпинделі, щітки...). Пасивні робочі органи завжди розміщують фронтально відносно напрямку руху агрегата, а активні – як фронтально, так і вздовж рядка рослин.

В пристроях з пасивними робочими органами процес обчісування здійснюється за рахунок протягування стебел через гребінки або щілини між пальцями при переміщенні збирального агрегата по полю. До таких пристроїв відносяться стрипери, різноманітні старовинні чесалки та зерновибивалки, а також сучасні зернозбиральні комбайни австралійського типу ("хедер-харвестери") [6, 9]. Вони відрізняються простотою конструкції і відносно невисокою енергоємністю, але забивання робочих органів та низька продуктивність стримують їх широке розповсюдження. Крім цього, на полеглих посівах вони практично непрацездатні.

На відміну від пасивних, активні обчісувальні робочі органи здійснюють складний рух: вони обертаються, коливаються, або рухаються в зворотньо-поступальному напрямі. Це активізує процес обчісування, особливо при повздовжньому розміщенні робочих органів, збільшує експозицію обробітку рослинної маси, підвищує продуктивність обчісування і покращує умови збирання обчесаного вороху. Використовувати повздовжнє розміщення обчісувальних робочих органів доцільно на широкорядних посівах, або на

прямостоячих високих культурах вузькорядного способу посіву, наприклад, при збиранні сорго [10].

Фронтальне розміщення обчісувальних робочих органів дозволяє збирати культури різних способів посіву, але при поляганні рослин виникають складнощі з підведенням їх в зону обчісування.

Активні механічні обчісувальні робочі органи в більшості випадків дозволяють з достатнім рівнем якості відділити ворох від решти рослинної маси, але його збір і відведення із зони обчісування пов'язані з значними втратами урожаю, особливо при збиранні дрібнонасіненевих культур.

В залежності від характеру руху, який здійснюють активні обчісувальні робочі органи, їх поділяють на роторні та транспортерні, а іноді використовують і робочі органи вібраційного типу [11].

Пристрої пневматичного типу, в яких відділення і збір вороху здійснюється лише шляхом взаємодії повітряного потоку з рослинами, забезпечують якісний збір виділеного вороху, але відділити таким способом можна лише ті компоненти, які мають слабкий зв'язок з стебловою частиною рослини. Тому використовують такі пристрої для збирання культур, які схильні до самообсипання, з слабким зв'язком насіння або плодів з стеблами, з легким, летючим ворохом.

Найбільш ефективними в роботі вважаються пристрої пневмомеханічного (комбінованого) типу, у яких відділення вороху від рослинної маси здійснюється активним механічним робочим органом, а його збір і транспортування із зони обчісування - повітряним потоком. Вони об'єднують переваги активного обчісувального робочого органу механічного типу та пневмотранспортуючого пристрою. З точки зору збирання насіннєвого вороху люцерни такі пристрої заслуговують на особливу увагу, що необхідно врахувати при подальшому аналізі.

1.3. Аналіз конструктивних схем обчісувальних пристроїв

Обчісування рослинної маси пристроями пневмомеханічного типу застосовують при збиранні рису, хмелю, насіння конюшини, сорго, деяких інших сільськогосподарських культур та лікарських трав.

Відома ромашкозбиральна обчісувальна машина SKH-2R (Чехія), яку навішують на шасі трактора Т-16 і яка складається з двох повздовжніх похилих обчісувальних барабанів, вентилятора з системою трубопроводів і бункера. Застосування цієї машини забезпечує збирання 76,6 % голівок ромашки [1]. Обчісувальна машина РМ-1,4, яку розроблено в Таганрогському ДСКБ має аналогічну конструкцію і також дозволяє зібрати до 77 % суцвіть ромашки [12].

На дослідній сільськогосподарській станції в штаті Оклахома (США) випробували навісний обчісувальний апарат з фронтальним роторно-щітковим робочим органом, який при переміщенні збирального агрегата вздовж рядків, піднімає рослини всмоктувальним повітряним потоком і прочісує щітками в зазорі між кожухом і ротором. Зчесаний ворох накопичується в бункері, який в разі заповнення вивантажують в герметизований транспортний засіб. Випробування проводили на трьох різних типах щіток і при змінній швидкості обертання ротора [13].

В Мелітопольському інституті механізації сільського господарства (МІМСГ) розробили обчісувальний пристрій для збирання зернових культур, який для проведення досліджень виготовили в вигляді змінного блоку до фуражира ФН-1,2, що встановлюється замість подрібнювального барабана. Результати досліджень довели перспективність застосування методу зчісування при збиранні жита, але при проходженні зерна через вентилятор фуражира воно частково подрібнювалось, що викликало необхідність зміни конструкції пневмосистеми [5]. Для цього, на базі комбайна КСГ-3,2 змонтували експериментальний агрегат, який складався з обчісувального барабана 1, розміщеного в приймальній камері 2 пневмо-транспортної системи 3, двох відцентрових вентиляторів 5 і бункера-накопичувача 6 з шлюзовим затвором 7.

Конструкція пневмотранспортної системи агрегата виключає попадання зерна на робочі колеса вентиляторів, що суттєво зменшило його подрібнення (рис. 1.2).

Досліджували два типи обчісувальних робочих органів: гребінчастий та щіткового типу. Було встановлено, що при роботі гребінчастого барабану втрати зерна недоочісуванням дещо менші, ніж у щіткового, але фракційний склад вороху гірший: майже в 2 рази більше обірваних колосків та стебел, а вихід обмолоченого зерна становив 60...70 %, тоді як у щіткового – 70...80 %. Але незалежно від типу обчісувального робочого органу задовільні результати якості роботи можна отримати лише на прямостоячих неполегких посівах, що для рису явище досить рідке. Встановлення додаткового пневмоканалу, швидкість повітря в якому досягала 20 м/с, дозволило використовувати збиральний агрегат і на полеглих посівах, причому втрати зерна не перевищували 1,04 % вирощеного врожаю [1, 14].

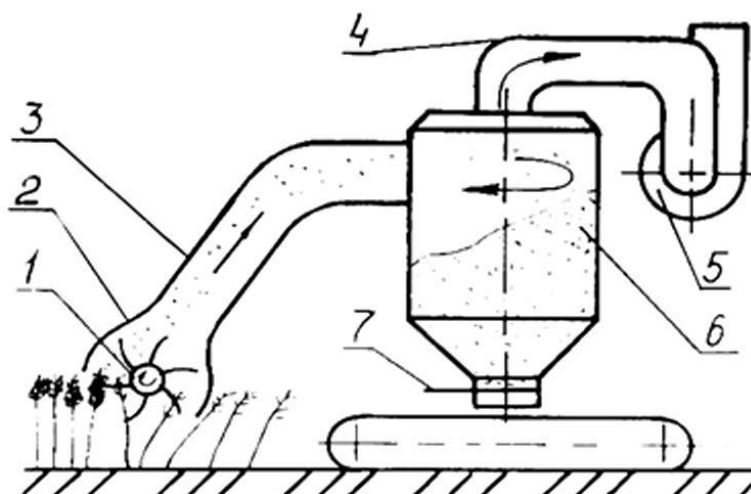


Рис.1.2 Конструктивна схема експериментального агрегату для збирання рису обчісуванням на корені

В обчісувальних пристроях з фронтальним барабаном малого діаметра виникає явище намотування довгостеблових культур на робочі органи, що призводить до їх обриву або висмикування з ґрунту, а збільшення діаметра обчісувального барабана погіршує умови захвату стебел робочими органами, відкидає обчесане зерно вперед по напрямку руху агрегату в нижню частину барабана, де повітряний потік пневмотранспортера діє неефективно.

Дещо кращі результати якості роботи вдалося отримати при застосуванні двохбарабанного обчісувального пристрою, реалізованого в жниварці МОН-4,0 до енергетичного засобу МПУ-150.

Аналогічний пристрій [15] був виготовлений і в СКТБ по рисозбиральній селекційній техніці В сільськогосподарській академії для збирання насіннєвого вороху конюшини використали агрегат на базі фуражира ФН-1,4 з фронтальним пальцевим зчісувальним барабаном, встановленим на всмоктувальному каналі пневмотранспортера (рис. 1.3).

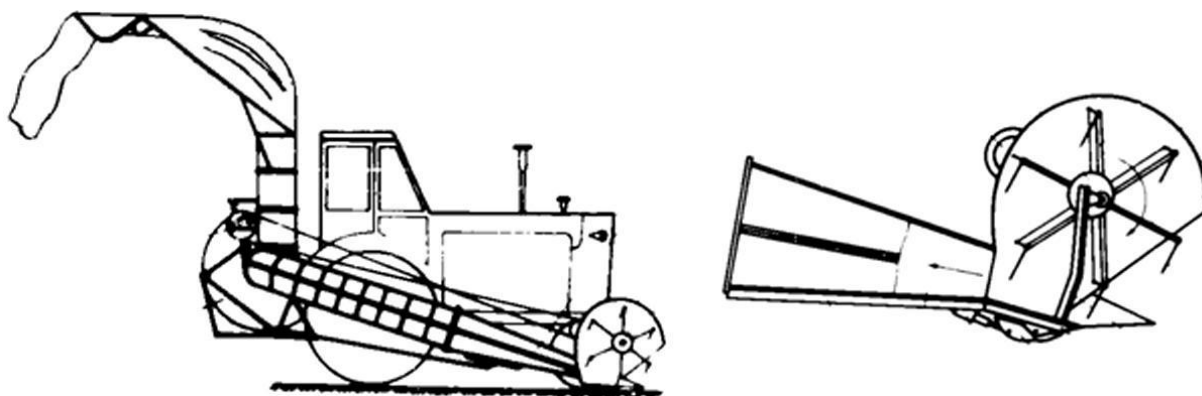


Рис. 1.3 Пристрій до фуражира ФН-1,4 для збирання конюшини на насіння

Основна відмінність цієї конструкції від попередніх полягає в зворотньому напрямку обертання обчісувального барабану, що дозволило виконувати обчісування рослин в нижній частині кожуха [4, 16].

В Сімферопольському НВО “Агроприлад” спільно з науковцями МІМСГ проведено дослідження дискових і гребневих робочих органів при збиранні насіння сорго методом обчісування. Збирання і транспортування обчесаного насіннєвого вороху здійснювали комбінованим повітряним потоком без пропускання маси через вентилятор для зменшення травмування насіння. Було встановлено, що втрати насіння незалежно від типу робочого органа становили 11...16 % вирощеного урожаю (в тому числі недоочісуванням – 1...3 % і просипанням – 10...13 %), але гребеневі робочі органи більше обривали стебла і суцвіття в порівнянні з дисковими [15].

Використання обчісувальної машини рядного типу (рис. 1.4) для збирання насіннєвого вороху сорго дозволило при практично однаковій якості обчісування (втрати насіння недоочісуванням 2...3 %) зменшити втрати насіння просипанням до 3,5...4 % вирощеного врожаю у порівнянні з машиною фронтального типу [116]. На цій же машині проводили перевірку якості роботи пасивних стріперних робочих органів, в результаті якої було встановлено, що процес протікає нестабільно, з незадовільною якістю обчісування, значна кількість стебел обривається і забиває робочі щілини обчісувальних органів [16, 18].

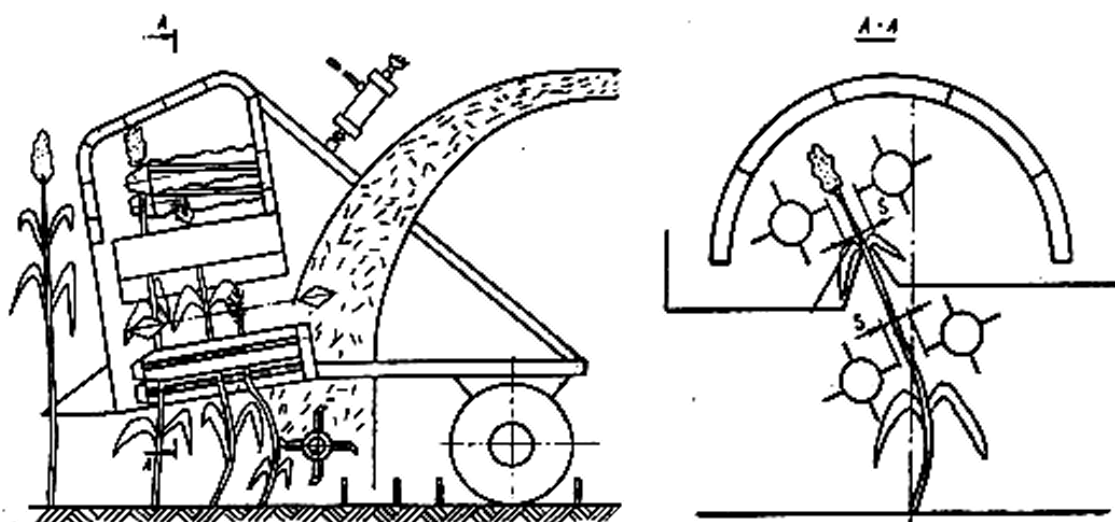


Рис.1.4 Обчісувальна машина рядного типу для збирання насіннєвого вороху сорго

Задовільні результати стосовно повноти обчісування та якості зібраного вороху отримали також і при випробуванні причіпної хмелезбиральної машини фірми “Corporation of new Jersey” (США), в якій використані повздовжні ротори щіткового типу [19].

Дослідженнями, проведеними в ІМЕСГ [20], підтверджено гіпотезу про доцільність застосування для збирання насіннєвого вороху люцерни ротаційно-лопатевого обчісувального пристрою рядного типу. Встановлено, що для зменшення обривання стеблової маси і підвищення якості обчісування за рахунок багатоциклічної взаємодії з рослинами лопаті роторів повинні бути еластичними [21].

Отже, обчісувальні пристрої рядного типу, в порівнянні з фронтальними, з кращою якістю здійснюють збирання насіннєвого вороху незалежно від висоти рослин і їх вологості, а використання таких пристроїв в комбінації з повітряним потоком для збирання і транспортування обчесаної маси дозволяє суттєво знизити втрати насіння просипанням. При цьому доцільно застосовувати ротаційно-лопатевий обчісувальний робочий орган.

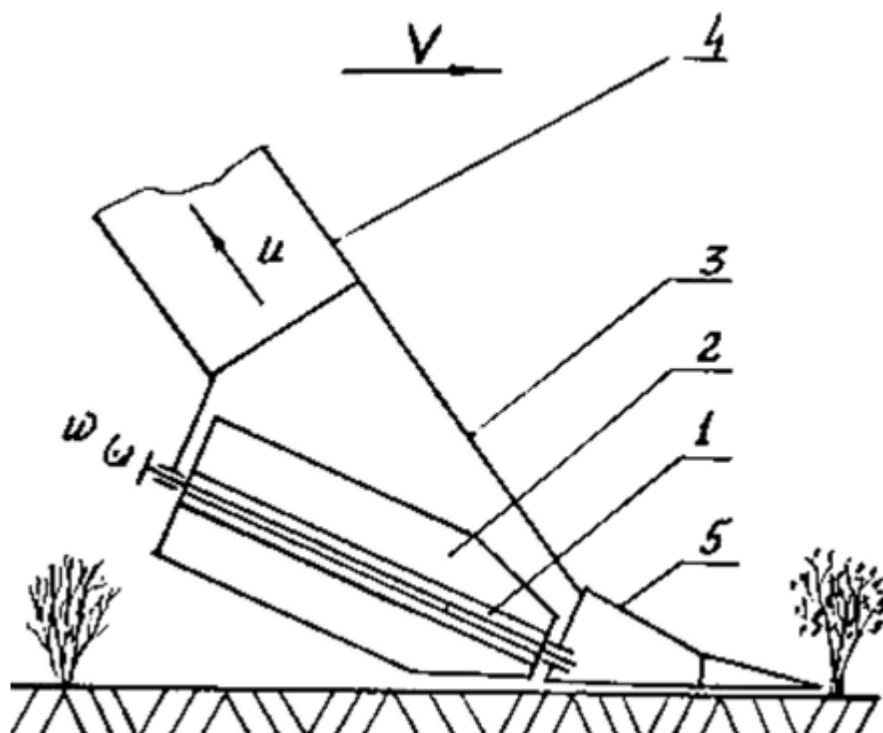


Рис.1.15 Принципова конструктивна схема обчісувального пристрою рядного типу:

- 1 - ротор; 2 - лопать; 3 - приймальна камера пневмотранспортера;
4 - всмоктувальний патрубок; 5 - подільник-стеблепідіймач

В пристроях рядного типу відбирання вороху може ефективно здійснюватися лише в верхній частині робочої камери, що краще виконувати всмоктувальним повітряним потоком.

Для зменшення обривання стебел доцільно застосовувати роторний робочий орган з еластичними лопатями. Розробка такого пристрою та визначення його раціональних параметрів і режимів роботи потребує проведення детальних досліджень процесу.

З врахуванням прийнятої схеми обчісувального пристрою (рис. 1.5) розробили принципову конструктивну схему агрегата для збирання насіннєвого вороху люцерни, який включає енергетичний засіб, обчісувальний пристрій, пневмотранспортну систему з бункером-накопичувачем та косарку. При відсутності бункера-накопичувача передбачена можливість завантаження обчесаного вороху безпосередньо в герметизований транспортний засіб.

Для проведення досліджень технологічного процесу збирання насіннєвого вороху люцерни як енергетичний засіб використали трактор класу 1,4 (ЮМЗ-6Л), на який навісили пневмотранспортну систему фуражира ФН-1,4. На місце блоку подрібнювальних барабанів фуражира встановили обчісувальний пристрій, а за ним – косарку (рис. 1.6).

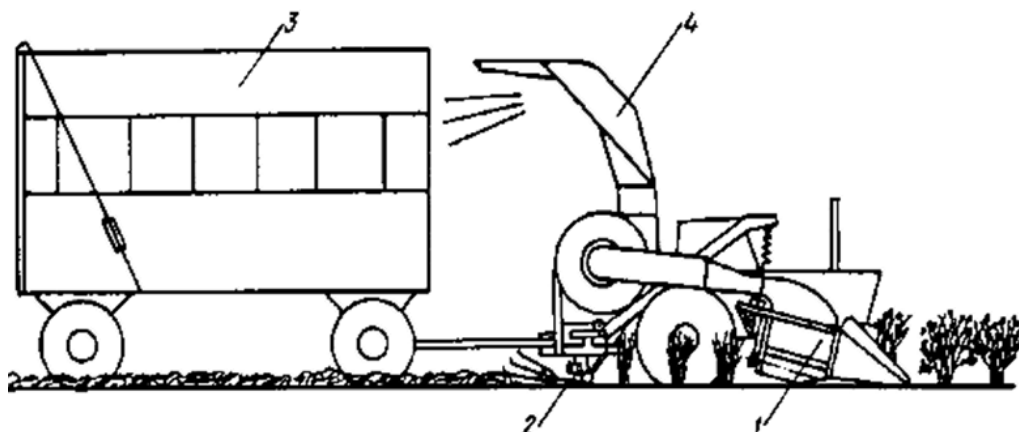


Рис. 1.6 Схема агрегата для збирання насіння люцерни:

1 - обчісувальний пристрій; 2 – косарка; 3 – герметизований транспортний засіб;

4 – пневмотранспортна система

Технологічний процес збирання насіннєвого вороху люцерни з застосуванням такого агрегата виконується таким чином. При переміщенні збирального агрегата вздовж рядків за допомогою подільників-стеблепідіймачів, встановлених в міжряддях безпосередньо перед обчісувальним пристроєм, здійснюється піднімання полеглих рослин, формування їх в рівномірну стрічку та підведення до зони обчісування. В обчісувальних камерах поздовжні лопатні ротори, які розміщені по обидва боки від рядка рослин, прочісують рослинну

масу, відокремлюють насіннєвий ворох від стебел і подають його в приймальні канали пневмосистеми. Обчесаний насіннєвий ворох підхоплюється повітряним потоком пневмосистеми і транспортується в бункер-накопичувач або в герметизований транспортний засіб, який рухається поряд зі збиральним агрегатом.

1.4 Задачі досліджень

Для реалізації всепогодної технології збирання насіннєвого вороху люцерни з метою суттєвого підвищення збору насіння і збереження його посівних якостей при мінімальних затратах праці та коштів були сформульовані такі задачі досліджень:

- обґрунтувати конструктивно-технологічну схему обчісувального пристрою для збирання насіннєвого вороху люцерни;
- шляхом проведення аналітичних розрахунків встановити раціональні параметри та режими роботи обчісувального пристрою для збирання насіннєвого вороху люцерни;
- дослідити основні фізико-механічні властивості люцерни як об'єкта збирання на насіння методом обчісування рослин на корені;
- провести лабораторно-польові дослідження і уточнити раціональні параметри і режими роботи обчісувального пристрою, а також їх адекватність теоретичним розрахункам;
- розробити і виготовити, а також провести виробничу перевірку дослідного зразка агрегата для збирання насіннєвого вороху люцерни;
- обґрунтувати технологію збирання насіння люцерни на основі методу обчісування насіннєвого вороху з наступним його обробітком на стаціонарному пункті, а також дати її економічну оцінку.

Висновки до розділу

1. Суттєві відмінності насіннєвих посівів люцерни і зернових культур ускладнюють застосування традиційних комбайнових технологій збирання, що потребує проведення додаткових досліджень фізико-механічних властивостей люцерни.

2. На основі проведеного аналізу сучасних технологій збирання насіння люцерни встановлено, що найбільш перспективною є технологія, яка передбачає збирання в полі насіннєвого вороху з подальшим його обробітком на стаціонарному пункті.

3. Відділити насіннєвий ворох люцерни від рослинної маси з мінімальними втратами насіння незалежно від кліматичних умов дозволяє метод обчісування рослин на корені. Для його реалізації доцільно використовувати обчісувальний пристрій рядного типу з лопатними робочими органами.

4. Збирання обчесаного насіннєвого вороху та його завантаження в герметизовані транспортні засоби або в бункер-накопичувач ефективно виконує пневмотранспортер з всмоктувальним або комбінованим повітряним потоком в зоні обчісування.

5. Проаналізовані аналітичні дослідження не дозволяють визначити раціональні параметри і режими роботи обчісувального пристрою рядного типу при збиранні насіннєвого вороху люцерни, що потребує проведення власних теоретичних та експериментальних досліджень цього питання.

РОЗДІЛ 2

АНАЛІТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ЗБИРАННЯ НАСІННЯ ЛЮЦЕРНИ МЕТОДОМ ОБЧІСУВАННЯ

Аналізом проведених раніше аналітичних і експериментальних досліджень встановлено, що основними операціями процесу обчісування насіннєвого вороху з рослинної маси на корені є підведення стеблестою до обчісувальних робочих органів, відділення насіннєвого вороху від стебел і відведення вороху з зони обчісування. Розглянемо ці операції послідовно, згідно з обґрунтованою схемою збирального агрегата [5, 22].

2.1. Аналіз роботи стеблепідіймачів

Стеблепідіймачі призначені для забезпечення неперервної подачі рослинної маси суцільною впорядкованою стрічкою в камери обчісування.

При збиранні люцерни на насіння вважаємо за доцільне застосовувати суцільнометалеві клиноподібні стеблепідіймачі пасивного типу, які одночасно взаємодіють з рослинами двох суміжних рядків (рис. 2.1).

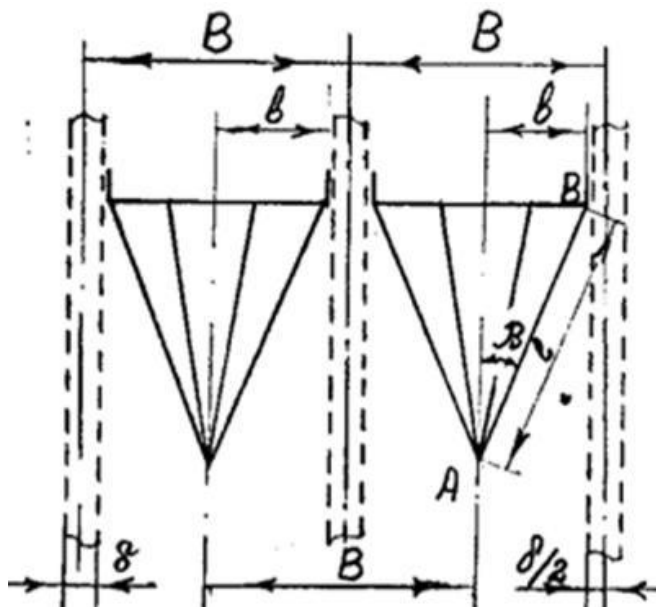


Рис. 2.1. Схема розміщення подільників-стеблепідіймачів в міжряддях [22]

Параметри стеблепідіймачів визначають розміри приймального вікна обчисувальної камери та орієнтацію в просторі обчисувальних робочих органів. Для розрахунку параметрів достатньо розглянути функціонування половини стеблепідіймача, в якому основну роботу по підйманню та формуванню рослин виконують ребро АВ та дві прилеглі до нього грані.

Ширину захвату b половини стеблепідіймача визначаємо за виразом:

$$b = \frac{B - \delta}{2}, \quad (2.1)$$

де B - ширина міжряддя, м; δ - захисна смуга рядка, м.

Прийнявши $B = 0,6$ м і $\delta = 0,12$ м, за виразом (2.1) визначимо, що ширина захвату половини стеблепідіймача становить 0,24 м.

Конструктивні вимоги обмежують довжину стеблепідіймача L (маневреність, металоємкість...), тому, прийнявши $L = 0,6$ м, визначимо кут загострення половини стеблепідіймача β (рис.2.1):

$$\beta = \arctg \frac{b}{L} \approx 22^\circ \quad (2.2)$$

Це значення кута загострення відповідає вимогам до стеблепідіймачів льонозбиральних машин, де він знаходиться в межах $\beta = 18^\circ \dots 25^\circ$ [23].

Висота приймального вікна обчисувальної камери визначається середнім значенням висоти рослинної маси, а його ширина – захисною зоною рядка. Приймаємо висоту вікна камери обчисування $h = 0,45$ м без урахування висоти встановлення вершини стеблепідіймача h_0 . Тоді кут підйому ребра буде становити (рис. 2.3):

$$\psi = \arctg \left(\frac{h}{b} \sin \beta \right) \approx 35^\circ \quad (2.3)$$

Основні конструктивні параметри стеблепідіймача пов'язані залежністю:

$$l = \frac{b}{\cos \psi \sin \beta} \approx 0,78 \text{ м}, \quad (2.4)$$

де l – довжина ребра АВ стеблепідіймача, м.

Висота встановлення вершини стеблепідіймача h_0 обмежена станом рослинної маси і в кожному конкретному випадку визначається індивідуально. Але, як показали дослідження, кут відхилення стебел рослинної маси від площини рядка, в основному, не перевищує 60° ($\gamma_c \leq 60^\circ$). Тоді, максимально допустиму висоту встановлення вершини стеблепідіймача визначаємо за залежністю:

$$h_0 \leq \frac{b}{\operatorname{tg} \gamma_{\max}}. \quad (2.5)$$

Підставивши числові значення у вираз (2.5), отримаємо $h_{0\max} 0,14 \text{ м}$. На практиці цей показник дещо вищий, оскільки частина стебел, особливо продуктивних, схильні до полягання.

Для раціонального розміщення обчисувальних робочих органів та визначення оптимальної конфігурації приймальних патрубків пневмотранспортера необхідно встановити кут максимального відхилення стебел ребром стеблепідіймача в площині рядка і визначити шляхи його зменшення.

Розглянемо взаємодію ребра АВ стеблепідіймача з стеблами люцерни, зробивши наступні припущення. Точка А ребра АВ (вершина стеблепідіймача) переміщується по осі міжряддя на висоті h_0 над поверхнею поля, а точка В – по осі рядка рослин. Шириною захисної смуги рядка δ в розрахунках можна знехтувати, вважаючи, що точки росту рослин розміщені в одну лінію по осі рядка. Оскільки рослини в рядку розміщені досить щільно, між ними виникає взаємний підпір. При цьому вважаємо, що вздовж осі рядка рослини розміщені вертикально, а відносно площини рядка в поперечному напрямку можуть бути

відхилені від вертикального положення на кут γ_i , який знаходиться в межах $0 \leq \gamma_i \leq \gamma_{\max}$.

В процесі роботи стеблепідіймача можуть виникнути такі ситуації. Якщо стебла починають контактувати з ребром АВ в точці А, то вони відхилені від площини рядка на кут $\gamma_{\max}$. Ці стебла визначають максимальну висоту розміщення точки А над поверхнею поля $h_{0\max}$ (вираз 2.5).

У випадку порушення цієї залежності стебла не будуть підніматися ребром АВ стеблепідіймача і спрямовуватись в зону обчислення, а підминатимуться під нього.

Якщо контакт стебла з ребром АВ відбувається лише в точці В, то це означає, що вони в рядку розміщені вертикально ($\gamma_i=0$) і з стеблепідіймачем взагалі не взаємодіють.

Розглянемо загальний випадок, коли стебло відхилене від площини рядка на кут $0 \leq \gamma_i \leq \gamma_{\max}$ і починає взаємодіяти з ребром АВ стеблепідіймача в довільній точці К (рис. 2.2.).

В точці К (рис. 2.2) виникає сила нормального тиску N , яка направлена перпендикулярно до ребра і стебла, а також сила тертя F , що діє вздовж ребра в напрямку руху:

$$F = N \operatorname{tg} \varphi, \quad (2.6)$$

де φ - кут тертя ребра АВ по стеблу.

Рівнодійна цих сил, яка відхиляє стебло вперед по ходу агрегата, становить:

$$R = \frac{N}{\cos \varphi} \quad (2.7)$$

Для забезпечення підйому і ковзання стебел по ребру АВ стеблепідіймача необхідно дотримуватись вимоги [23]:

$$\frac{\pi}{2} - \beta > \varphi \quad (2.8)$$

При ковзанні стебел по ребру від точки А до точки В кут їх поперечного відхилення від площини рядка буде зменшуватись ($\gamma_i \rightarrow 0$), але виникне відхилення стебел в площині рядка вперед по ходу агрегата на кут θ_i , зумовлене дією сили тертя F . При невиконанні вимоги залежності (2.8) стебла будуть підминатися ребром стеблепідіймача.

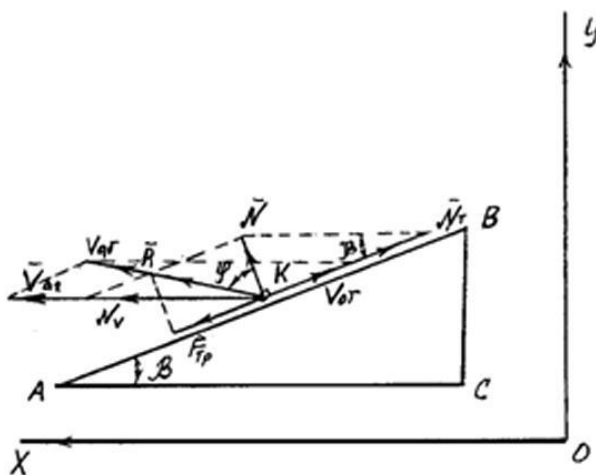


Рис. 2.2. Схема взаємодії стебла з ребром подільника

Точка К взаємодії ребра АВ з стеблом здійснює складний рух, переміщуючись разом з ребром АВ з швидкістю руху агрегата V_a та одночасно ковзаючи по ребру АВ з відносною швидкістю V_b . З трикутника швидкостей (рис. 2.2) визначимо V_b з урахуванням кута підйому ребра АВ:

$$V_b = V_a \frac{\cos \varphi + \psi}{\cos \varphi \cos \psi}, \quad (2.9)$$

де ψ - кут підйому ребра АВ.

Розглянемо процес переміщення стебел по ребру АВ стеблепідіймача з моменту контактування з вершиною А і до сходження з ребра в точці В. Для цього, розмістимо точку А0 ребра стеблепідіймача на осі ОZ на висоті h_0 (рис. 2.3). По осі ОY відкладемо відстань b , яка дорівнює ширині захвату стеблепідіймача в площині ХОУ (поверхня поля). Проведемо через цю точку вісь рядка паралельно осі ОХ. В точці перетину осі рядка з віссю ОУ (точка М0) розмістимо точку росту стебла, яке контактує з ребром стеблепідіймача в точці

А0. Кут відхилення цього стебла від вертикального положення γ_i буде максимальним ($\gamma_i = \gamma_{\max}$). Стебла, відхилені від площини рядка на кут ($\gamma_i > \gamma_{\max}$) попадуть під ребро стеблепідіймача і до зони обчислювання транспортуватися не будуть.

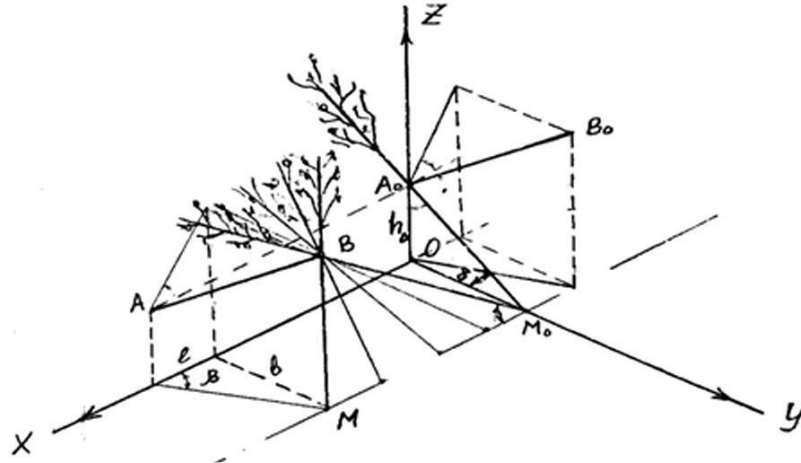


Рис. 2.3. Переміщення стебла по ребру стеблепідіймача

За проміжок часу Δt ребро стеблепідіймача переміститься з положення A_0B_0 в положення AB , пройшовши шлях X_a вздовж осі рядка. За цей же проміжок часу Δt стебло з точки A_0 пройде до точки B по ребру стеблепідіймача, піднявшись в площину рядка ($\gamma_i = 0$) і відхилившись під дією сили тертя F на кут $\theta_i = \theta_{\max}$ вперед по ходу агрегата.

В точці B з ребром стеблепідіймача одночасно буде контактувати ряд рослин, точки росту яких розміщені на відріжку рядка MM_1 . Стебло рослини, яке контактує з ребром AB в точці B і точка росту якої знаходиться в точці M , розташоване вертикально (θ_i), тому в площині рядка воно відхилятися не буде ($\theta_i = 0$). Всі стебла пучка рослин, які контактують з ребром AB в точці B знаходяться в площині рядка ($\gamma_i = 0$), але відхилені в ній вперед від вертикального положення на кут θ_i ($0 \leq \theta_i \leq \theta_{\max}$). Причому, на максимальний кут $\theta_{\max}$ відхиляється стебло рослини, яка почала взаємодіяти з ребром стеблепідіймача в точці A_0 . З трикутника MBM_0 (рис. 2.3) визначимо цей кут відхилення:

$$\operatorname{tg} \theta_{\max} = \frac{x_a - l \cos \beta \cos \psi}{h_0 + l \sin \psi}, \quad (2.10)$$

де $x_a = V_a \Delta t$ - шлях, пройдений агрегатом за проміжок часу t з швидкістю V_a .

За цей же проміжок часу t стебло переміститься по ребру стеблепідіймача з швидкістю V_b з точки A_0 в точку B , пройшовши по ньому шлях $l = V_b \Delta t$. Звідси:

$$x_a = l \frac{\cos \varphi \cos \psi}{\cos(\beta + \varphi)}. \quad (2.11)$$

Підставивши значення x_a з формули (2.11) в (2.10), після перетворень одержимо:

$$\theta_{\max} = \arctg \left[\frac{l \cos \psi}{h_0 + l \sin \psi} \cdot \left(\frac{\cos \varphi}{\cos(\beta + \varphi)} \cos \beta \right) \right]. \quad (2.12)$$

Залежність (2.12) дозволяє визначити кут максимального повздовжнього відхилення стебел ребром стеблепідіймача при відомих його конструктивних та технологічних параметрах ($l, \beta, \psi, \varphi, h_0$)

Побудовані за залежністю (2.12) графіки наглядно показують вплив кожного з цих параметрів на кут відхилення стебел рослин $\theta_{\max}$ (рис. 2.4, 2.5).

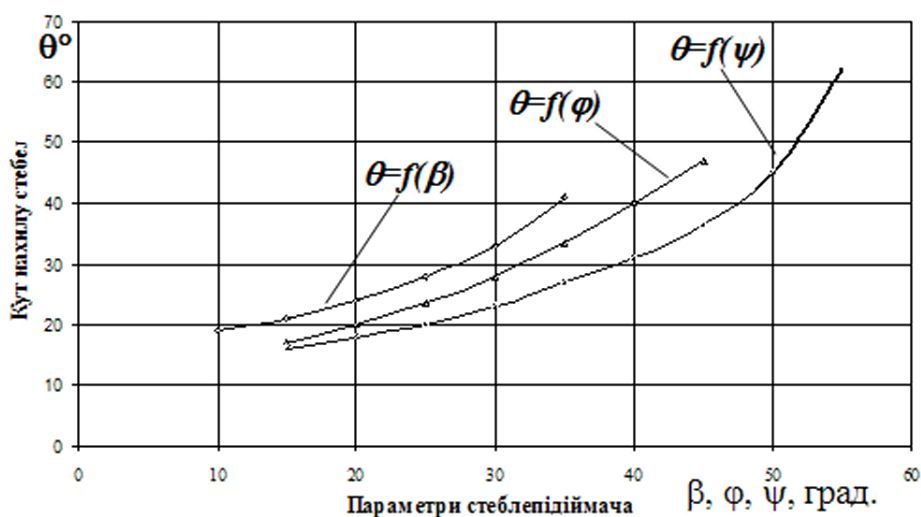


Рис. 2.4. Залежність кута нахилу стебел від параметрів стеблепідіймача



Рис. 2.5. Залежність кута нахилу стебел від висоти розміщення вершини стеблепідіймача

Слід відмітити, що залежність (2.12) визначає кут максимального відхилення рослин, не враховуючи підпір тих рослин, які в початковий момент взаємодії знаходились в вертикальному положенні, або в близькому до нього. Тому реальна картина відхилення рослинної маси ребром стеблепідіймача буде визначатися не максимальним кутом $\theta_{\max}$, а його середнім значенням:

$$\theta_c \approx \frac{\theta_{\max} + \theta_{\min}}{2} \quad (2.13)$$

Отже, при збиранні насіння люцерни методом обчісування найбільш ефективним слід вважати застосування просторових стеблепідіймачів пасивного типу з такими основними параметрами: ширина захвату половини стеблепідіймача $b = 0,24$ м, довжина $L = 0,6$ м, кут загострення $= 22^\circ$, довжина бокового ребра $l = 0,78$ м при куті підйому $= 35^\circ$. При ширині міжрядь $B = 0,6$ м розміри вхідного вікна обчісувальної камери будуть становити $0,45 \times 0,12$ м (без урахування висоти встановлення вершини стеблепідіймача h_0). Основна маса рослин по висоті вільно проходять в це вікно, а деякі рослини, висота яких перевищує $0,6$ м, нахиляються верхнім брусом вікна, щоб потім в камері зчісування знову розпрямитися. В площині рядка рослини відхиляються від вертикального положення стеблепідіймачами вперед по ходу агрегата на кут θ_i і

в кожному конкретному випадку значення цього кута залежить від ступеня полягання рослин, їх вологості, висоти стебел, швидкості руху агрегата, конструктивних параметрів стеблепідіймачів та деяких інших показників. Якщо припустити, що стебла рослин рівномірно розподілені в діапазоні ($0 \leq \theta_i \leq \theta_{\max}$), то середнє значення кута їх відхилення ребром стеблепідіймача становить ≈ 140 при ≈ 280 [5, 16, 19, 24].

2.2 Рух обчесаного вороху в повітряному потоці пневмотранспортера

Третя основна операція польової частини технологічного процесу збирання насіння люцерни з застосуванням методу обчісування – збирання та завантаження обчесаного вороху в бункер-накопичувач або в транспортний засіб. Виконується ця операція пневмотранспортером, приймальні камери всмоктувальних каналів якого розташовані над обчісувальними роторами.

Мета даного етапу дослідження полягає в визначенні раціональних параметрів та режимів роботи пневмотранспортера для забезпечення максимального збору обчесаного вороху.

До основних характеристик пневмотранспортера, що підлягають визначенню, в першу чергу відносяться швидкість та напрямок всмоктувального повітряного потоку в зоні обчісування, а також кількість повітря, яке проходить через приймальні камери і яке є необхідним для гарантованого виносу продуктів обчісування з робочої зони роторів. Важливо також визначити раціональну форму і розміри приймальних камер пневмотранспортера. Тип та розміри (номер) вентилятора підбираються по тискові H , витраті повітря Q та швидкості повітряного потоку V_p .

При розрахунках необхідно враховувати, що обчесаний насіннєвий ворох, а також частки стеблової маси вкидаються в приймальні камери пневмотранспортера з початковою швидкістю V_1 , числове значення якої визначається за виразом (2.38). Напрямок цієї швидкості залежить від моменту сходження частки з лопаті і встановлюється експериментально.

Дослідженнями встановлено, що відхилення вектора швидкості V_1 від вертикальної площини рядка, як правило, не перевищує 90° і залежить, в основному, від кутової швидкості обертання роторів ω та жорсткості лопатей. Тому вектори швидкостей обчесаних часток співпадають, або відхилені на незначний кут β_i від напрямку дії всмоктувального повітряного потоку, що сприяє кращій евакуації насіннєвого вороху із зони обчисування (рис. 2.6).

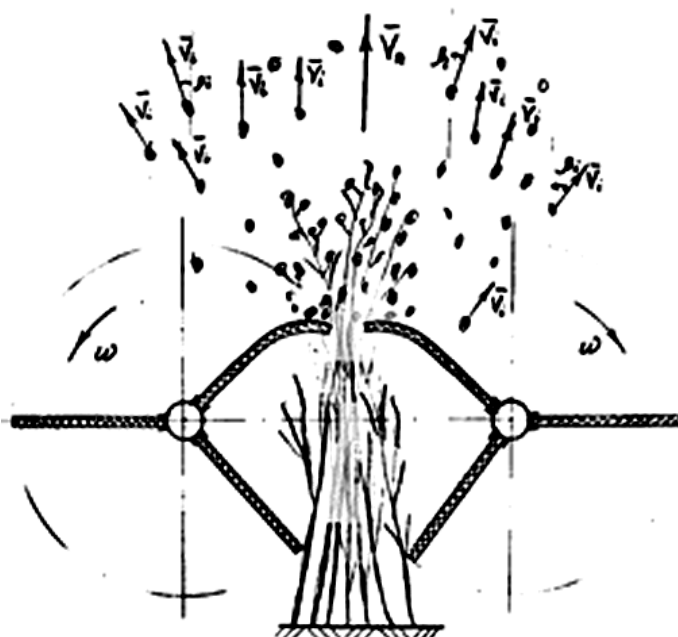


Рис. 2.6 Рух часток насіннєвого вороху після сходження з лопатей обчисувальних роторів

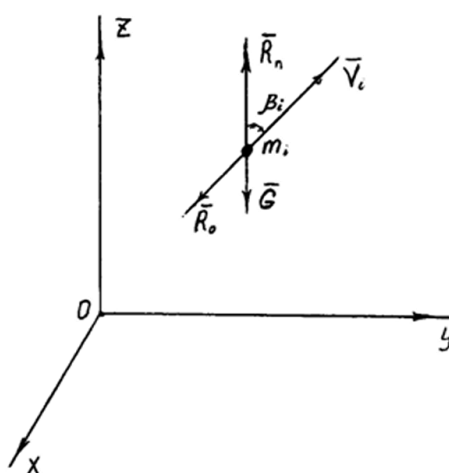


Рис. 2.7 До аналізу руху частки насіннєвого вороху в повітряному потоці пневмотранспортера після сходження з лопаті обчисувального ротора

Достатню умову захвату часток обчесаного вороху повітряним потоком пневмотранспортера можна записати у вигляді: $V_{\text{п}} > V_{\text{в}}$, де $V_{\text{п}}$ – швидкість повітряного потоку пневмотранспортера, м/с; $V_{\text{в}}$ – критична швидкість (швидкість витання) часток насінневого вороху, м/с. Швидкість витання частки $V_{\text{в}}$ визначається з припущення, що вона знаходиться в рівновазі під дією сили тяжіння G і сили дії потоку $R_{\text{п}}$ [15, 25]:

$$m_i g = k \rho_n S_m V_{\text{в}}^2,$$

$$V_{\text{в}} = \sqrt{\frac{m_i g}{k \rho_n S_m}},$$

Звідки

(2.15)

де m_i – маса частки, кг; g – прискорення вільного падіння, м/с²; k – коефіцієнт опору повітря рухові частки; ρ_n – щільність повітря, $\rho_n = 1,2$ кг/м³; S_m – міделевий перетин частки, м².

Отже, умову захвату частки повітряним потоком без врахування її початкової швидкості можна записати в такому вигляді:

$$V_n > \sqrt{\frac{m_i g}{k \rho_n S_m}}, \quad \text{або} \quad V_n > \sqrt{\frac{g}{k_n}},$$

(2.16)

де k_n – коефіцієнт парусності частки,

Обчесаний насінневий ворох сходять з лопатей роторів з початковою швидкістю V_1 , вектори кожної частки якого відхилені вперед по ходу агрегата на кут α , що дорівнює куту нахилу осей обертання роторів до поверхні поля. В зв'язку з цим, всмоктувальний потік пневмотранспортера також бажано відхилити на цей же кут α .

Для часток, напрямок швидкості яких співпадає з напрямом повітряного потоку, вираз (2.15) є достатньою умовою надійної евакуації з зони обчисування. Але в більшості випадків вектори швидкостей обчесаних часток вороху відхилені від вертикальної площини рядка на кут β_i (рис. 2.6). Вертикальна складова цих векторів буде сприяти входженню часток в повітряний потік, а

горизонтальна – перешкоджати. Тому частину енергії повітряного потоку необхідно витратити на подолання горизонтальної складової швидкості часток вороху.

Розглянемо рух довільної частки насіннєвого вороху масою m_i , яка при сходженні з лопаті ротора має швидкість V_1 , напрямлену під кутом β_i до вертикальної площини рядка (рис. 2.7), зробивши такі припущення: опір повітря рухові частки пропорційний квадрату її відносної швидкості; кожна частка ізольована від решти часток вороху і не стикається з ними під час руху; коефіцієнт парусності частки постійний в процесі її руху; всмоктувальний повітряний потік має постійну швидкість і напрямок; частка сходить з лопаті ротора в площині, перпендикулярній осі його обертання.

В момент сходження з лопаті на частку діють: сила тяжіння $G = m_i g$, яка напрямлена вертикально вниз; сила опору повітря рухові частки, спрямована по дотичній до траєкторії руху частки в бік, протилежний векторові швидкості; піднімальна сила всмоктувального повітряного потоку пневмо транспортера, яка відхилена вперед по ходу агрегата на кут $= 15^\circ$ в площині XOZ.

Під дією цих сил частка буде рухатись в напрямку вектора рівнодіючої сили F , яка визначається за другим законом Ньютона:

Диференційне рівняння руху частки в проекціях на осі координат запишемо в такому вигляді:

$$F = m_i \sqrt{\ddot{x}_i^2 + \ddot{y}_i^2 + \ddot{z}_i^2} . \quad (2.17)$$

де z, y, x - відповідні проекції прискорення руху частки при сходженні з лопаті ротора, м/с²; α - кут нахилу осей обертання роторів до поверхні поля, град; β_i - кут відхилення вектора i -ої частки від напрямку повітряного потоку.

Після скорочення на m_i і відповідних перетворень системи рівнянь (2.17) отримаємо:

$$\begin{cases} m_i \ddot{x}_i = R_n - R_o \cos \beta_i \sin \alpha \\ m_i \ddot{y}_i = -R_o \cos \alpha \sin \beta_i \\ m_i \ddot{z}_i = R_n - R_o \cos \beta_i \cos \alpha - G \end{cases}, \quad (2.18)$$

Розв'язок системи диференційних рівнянь (2.61) дозволить визначити швидкість V_i і положення частки в будь-який момент часу t , а також її траєкторію руху [5, 16, 26]. Поворотом системи координат навколо осі OY на кут $\alpha = 15^\circ$ (рис. 2.6) можна дещо спростити розв'язок цих рівнянь.

Для гарантованої евакуації обчесаного вороху швидкість потоку V_{Π} повинна перевищувати відносну швидкість частки.

Кількість повітря Q , що проходить по каналах пневмотранспортера за одиницю часу (витрата повітря) становить:

$$\begin{cases} \ddot{x}_i = k_n \sin \alpha (C_n^2 - V_1^2 \cos \beta_i) \\ \ddot{y}_i = -k_n V_1^2 \cos \alpha \sin \beta_i \\ \ddot{z}_i = k_n \cos \alpha (C_n^2 - V_1^2 \cos \beta_i) g \end{cases}. \quad (2.19)$$

де S_k – площа перетину приймальної камери, $S_k = bl$; b – ширина приймальної камери, м; l – довжина приймальної камери, м; n – кількість приймальних камер, шт.

Ширина приймальної камери для кожної пари обчисувальних роторів визначається конструктивно і не перевищує ширину міжрядь B . Довжину приймальної камери приймаємо рівною довжині активної зони роторів L_p . Кількість приймальних камер n залежить від ширини захвату агрегата (кількості одночасно оброблюваних рядків рослин).

Реальну витрату повітря, за якою підбираємо вентилятор пневмосистеми, визначимо з урахуванням коефіцієнту запасу повітря $\eta = 1,1 \dots 1,25$ та нерівномірності розподілу швидкості повітряного потоку в каналі, коли [27]:

$$Q = V_n S_k n_1, \quad (2.20)$$

Тиск H_1 , який повинен створювати вентилятор пневмосистеми для забезпечення необхідної швидкості потоку V_n (без врахування втрат в пневмоканалах) становить:

$$H_1 = \frac{V_n^2}{2g}. \quad (2.21)$$

З іншого боку, кількість повітря, яка необхідна для перенесення вороху масою m_b , визначається за виразом [28]:

$$Q = \frac{m_b}{\rho_n \mu_k}, \quad (2.22)$$

де Q – витрати повітря, м³/с; m_b – маса вороху, що необхідно транспортувати за одиницю часу, кг/с. ρ_n – густина повітря, $\rho_n = 1,2$ кг/м³; μ_k – показник концентрації вороху в повітряному потоці, кг/кг.

Маса вороху m_b , яку необхідно евакуювати з зони обчислення, становить:

$$m_b = k m_{p1} V_{az}, \quad (2.23)$$

де k – коефіцієнт, який враховує частку насіннєвого вороху в рослинній масі; m_{p1} – маса рослин на погонному метрі рядка, кг/м; V_{az} – поступальна швидкість руху агрегата, м/с.

Тоді для вибраного вентилятора пневмосистеми за значеннями, отриманими з виразів (2.20) і (2.22), визначимо концентрацію компонентів насіннєвого вороху в повітряному потоці:

$$\mu_k = \frac{k m_{p1} V_{az}}{2,4 V_n B L n \rho_n}. \quad (2.24)$$

Ця концентрація не повинна перевищувати максимально допустиму концентрацію компонентів в повітряному потоці μ_{kmax} , яка визначається експериментально з врахуванням фізико-механічних властивостей насіннєвого вороху люцерни [29].

Отже, аналіз руху обчесаного насіннєвого вороху в повітряному потоці дозволяє встановити основні конструктивні і технологічні параметри

пневмотранспортера та є основою для обґрунтування раціональної форми і розмірів приймальних камер.

Висновки по розділу

1. тримані аналітичні залежності (2.12, 2.18 та ін.) дозволяють встановити основні фактори, що впливають на виконання кожної операції процесу, а також визначити раціональні конструктивні параметри і режими роботи комбінованого збирального агрегата з урахуванням фізико-механічних властивостей культури та технологічних вимог.

2. При збиранні насіння люцерни методом обчісування найбільш ефективними слід вважати такі основні параметри просторових стеблепідіймачів пасивного типу: ширина захвату половини стеблепідіймача $b = 0.24$ м; довжина $L = 0,6$ м; кут загострення $= 22^\circ$; довжина ребра $l = 0,78$ м при куті підйому $\beta = 35^\circ$. При ширині міжрядь $B = 0,6$ м розміри вхідного вікна обчісувальної камери становлять $0,450,12$ м. Середнє значення кута відхилення рослин ребром стеблепідіймача θ ср 14° при куті тертя стебел по ребру $\varphi = 28^\circ$.

РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Складність технологічного процесу збирання насіннєвого вороху люцерни методом обчісування рослинної маси на корені не дозволила аналітичним шляхом повністю визначити раціональні конструктивні параметри та режими роботи збирального агрегату. Це зумовило необхідність проведення комплексу лабораторних та польових експериментальних досліджень.

Враховуючи, що в другому розділі основні конструктивні параметри подільників-стеблепідіймачів були визначені аналітичним шляхом, а також ту обставину, що процес формування стеблової маси детально досліджений рядом авторів на різноманітних культурах як теоретично, так і експериментально [1, 23, 28], лабораторні дослідження якості роботи подільників не проводили, а лише виконали виробничу перевірку в польових умовах їх основних параметрів.

В лабораторних умовах дослідили роботу обчісувальних робочих органів, уточнили їх основні параметри і режими роботи, попередні значення яких (межі варіювання) також були визначені аналітичним шляхом. Крім того, уточнили траєкторії руху складових вороху після їх сходження з обчісувальних робочих органів роторів та визначили енергетичні затрати, які необхідні для обчісування рослинної маси.

В польових умовах перевірили і уточнили показники, що були одержані в результаті аналітичних та лабораторних досліджень, а також провели комплексну оцінку якості виконання технологічного процесу збирання насіння люцерни в цілому.

3.1 Лабораторний стенд, прилади та обладнання для проведення експериментальних досліджень

Експериментальні дослідження проводили на лабораторному стенді, що складається з опорної рами 1, на якій закріплено поворотну рамку 2 з парою роторів 3. На кожному роторі передбачена можливість встановлення змінних

робочих органів: пальців, лопатей, щіток. Ротори обертаються в зустрічних напрямках через ланцюгову передачу від двигуна постійного струму 4 з можливістю сенсорного регулювання частоти обертання. Конструкція стенду дозволяє змінювати відстань між осями обертання роторів, кут нахилу роторів до горизонтальної площини та висоту їх розміщення. Для подачі рослинної маси до робочих органів роторів використали ланцюговий транспортер 5 з затискачами 6 для кріплення пучків стебел рослин люцерни. Траєкторії руху складових вороху після відділення від стеблової маси фіксували на фоні екрану 7 з масштабною сіткою (рис. 3.1).

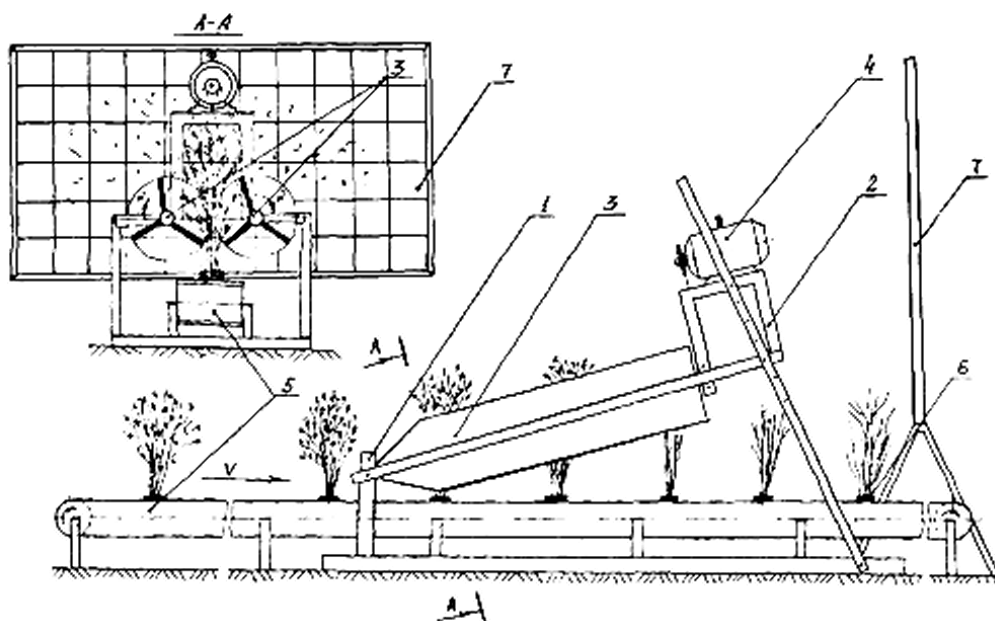


Рис. 3.1. Схема лабораторного стенду для дослідження процесу бчісування насіннєвого вороху люцерни

Ланцюговий транспортер виконував роль рухомого поля, на якому моделювали характер розміщення кущів люцерни в рядку. Густина встановлення затискачів на ланцюгу транспортера становила 6...7 шт/м, що відповідає середній гущині кущів люцерни в рядку на полі. Довжина ланцюгового транспортера – 10 м.

В конструкції транспортера передбачена можливість визначення зусиль, що виникають в стеблах при обчісуванні з них насіннєвого вороху. Для цього

один з затискачів транспортера обладнано рухомими повзунами з реохордним датчиком тиску, який відтарировано на зусилля в діапазоні від 10Н до 150Н і з'єднано з самописцем. Контроль точності вимірювання зусиль та тарирування датчика здійснювали динамографом малих зусиль.

Привід транспортера здійснювався від електродвигуна змінного струму через варіатор, що дозволило плавно регулювати швидкість переміщення ланцюга з затискачами відносно обчисувальних роторів в межах від 0,15 м/с до 2,1 м/с. Така швидкість переміщення відповідає поступальній швидкості руху трактора на I...V знижених та на I підвищеній передачах.

Пара обчисувальних роторів закріплена на поворотній рамці з можливістю зміни кута нахилу осей роторів до горизонту

в межах від 0° до 90°, зміни висоти розміщення осей роторів відносно затискачів ланцюга транспортера h від 0 до 500 мм та зміни міжосьової відстані роторів Z (зазору) від 200 до 300 мм. Для досліджень використані змінні ротори, на яких встановлені шарнірно закріплені жорсткі лопаті і радіальні еластичні лопаті з жорстким закріпленням однієї сторони. Така конструкція лабораторного стенду дозволила в широких межах дослідити вплив різноманітних факторів на якість обчисування насінневого вороху.

Ротори обертались в зустрічному напрямку через ланцюгові передачі від двигуна постійного струму з сенсорним регулюванням частоти обертання від 0 до 1500 об/хв. В мережу двигуна через трансформатори струму ввімкнули трифазний ватметр-самописець Н348KW, що фіксував потужність, яку забирав з мережі електродвигун при різних режимах роботи обчисувальних роторів.

Характер взаємодії робочих органів обчисувальних роторів з рослинною масою, а також траєкторії руху складових насінневого вороху після їх відокремлення від стебел спостерігали за допомогою стробоскопу СШ-1 і фіксували на кіноплівці швидкісною кінокамерою СКС-1 на фоні екранів з координатною сіткою.

Частоту обертання валів роторів та транспортера вимірювали тахометром годинникового типу СК-751, розміри і відстані заміряли лінійкою та рулеткою, а

час проведення кожного досліджу – секундоміром. Точність вимірювань визначалась згідно з вимогами методик [2, 3, 18, 29].

3.2 Результати лабораторних досліджень та їх аналіз

В процесі проведення пошукових досліджень встановлено, що зміна кута α нахилу осей роторів до горизонтальної площини в межах від 00 до 450 суттєво не впливає на якість обчисування, особливо при малих швидкостях подачі матеріалу V . Подальше збільшення кута α призводить до відхилення рослин робочими органами роторів вперед в площині рядка і, як наслідок, до погіршення якості обчисування. Частково згладжує це негативне явище підвищення частоти обертання обчисувальних роторів ω (рис. 3.2).

На основі теоретичних досліджень та з врахуванням відхилення стебел подільниками в польових умовах збирання значення кута нахилу осей обчисувальних роторів приймаємо $\alpha=15^\circ$ (див. розд. 2).

Дещо складніше було визначити раціональний тип робочих органів обчисувальних роторів (фактор якості). Як уже відмічалось, досліджували ротори з жорстким та шарнірним кріпленням.

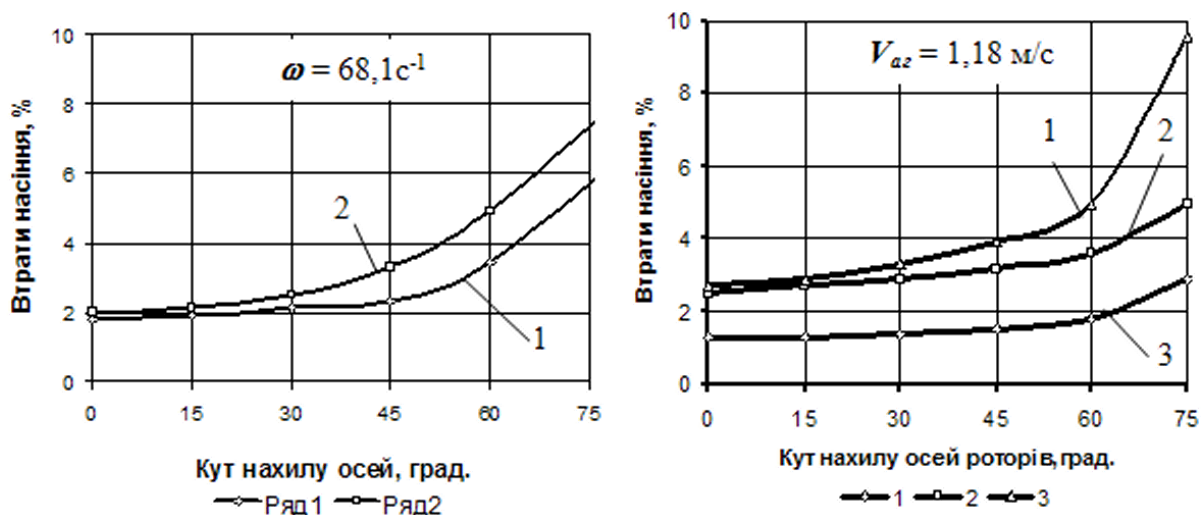


Рис. 3.2. Залежність втрат насіння від кута нахилу осей роторів:
 ряд 1 - для $V_{ag} = 0,69 \text{ м/с}$, ряд - 2 для $V_{ag} = 1,67 \text{ м/с}$; 1 - для $\omega = 102,6 \text{ c}^{-1}$,
 2 - для $\omega = 68,1 \text{ c}^{-1}$, 3 - для $\omega = 33,5 \text{ c}^{-1}$

При проведенні досліджень особлива увага приділялася якості насіннєвого вороху, зокрема, вмісту обірваних стебел у ньому. Вміст обірваних стебел в насіннєвому ворохові q' визначили за виразом:

$$(4.6)$$

де m_c – маса стебел в обчесаному ворохові, г; m_v – загальна маса обчесаного вороху, г.

Встановлено, що жорсткі шарнірні лопаті навіть при невисокій кутовій швидкості обертання роторів перебивають стебла, працюючи практично в режимі косарки, тому цей тип робочих органів неприйнятний для обчисування насіння люцерни і якість їх роботи детально не досліджували.

Кращу якість як по повноті обчисування насіння, так і за складом вороху отримали при встановленні на роторах еластичних лопатей, для визначення раціональних параметрів яких необхідно провести додаткові дослідження. Кількість лопатей на кожному роторі при частоті їх обертання вище 75 с^{-1} суттєво не впливає на якість обчисування насіння (рис. 3.3), тому для подальших досліджень приймаємо $k = 3$.

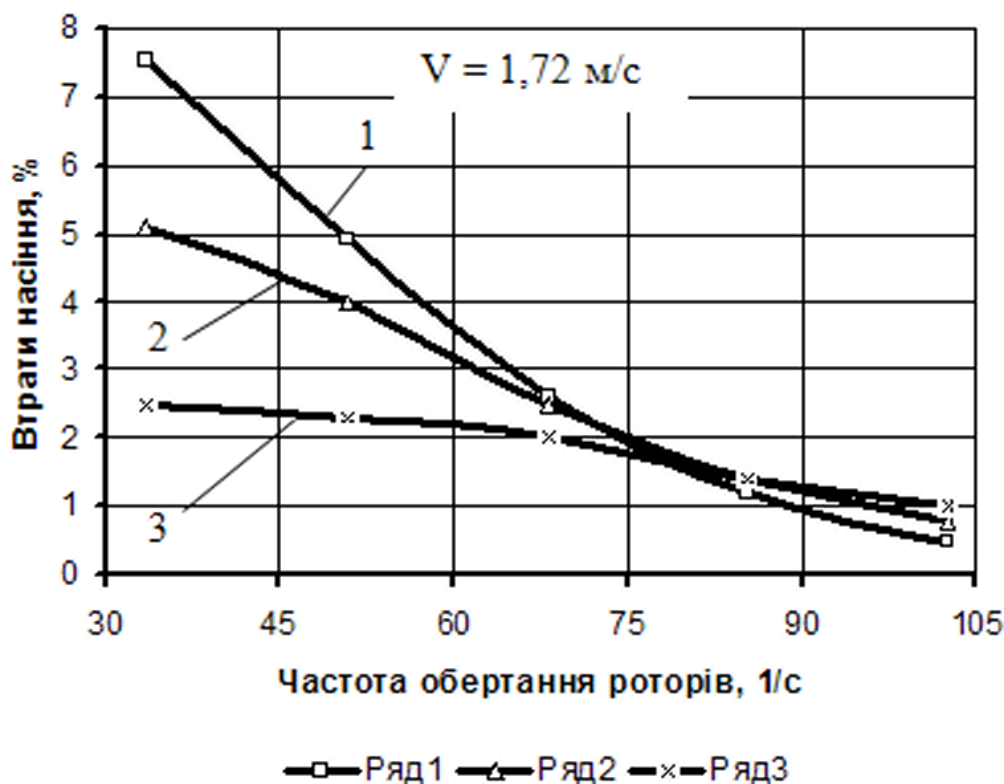


Рис. 3.3. Залежність якості обчисування насіння від кількості лопатей:

ряд 1 - для двохлопатних роторів; ряд 2 - для трилопатних роторів;
ряд 3 - для роторів з чотирма лопатями

Пошуковими дослідженнями також встановлено, що коливання в незначних межах пружності еластичних лопатей суттєво не впливає на якість обчісування і компенсується зміною частоти обертання роторів. Значне збільшення жорсткості лопатей призводить до обламування стебел, а зменшення – до втрат насіння недоочісуванням.

На втрати насіння, що залишилось в бобах на стеблах після обчісування, впливає і взаємне положення лопатей пари роторів. На рис. 4.4, 4.5 та 4.6 суцільною лінією показані залежності при одночасній дії лопатей обох роторів на рослини, а пунктирною – при послідовній.

Вологість рослинної маси також суттєво впливає на якість обчісування насіннєвого вороху. При низькій вологості (до 15%) в процесі обчісування виникає часткове обламування стебел, що пояснюється їх крихкістю (ламкістю). Це призводить до засмічення насіннєвого вороху частками стебел та пагонів і негативно впливає на завантаження машин стаціонарного пункту обробки урожаю. Але на практиці така вологість рослинної маси під час збирання люцерни на насіння зустрічається досить рідко, крім того, насіннєвий ворох при низькій вологості відділяється від стебел без особливих проблем, що дозволяє застосовувати "м'які" режими роботи обчісувального пристрою і не погіршувати фракційний склад обчесаного вороху.

Дослідження агротехнологічних та фізико-механічних властивостей люцерни показали, що вологість рослинної маси в період дозрівання насіння коливається в межах 18...25% в залежності від кліматичних умов і часу доби, а досить часто досягає 30...35%, ускладнюючи застосування традиційних комбайнових способів збирання.

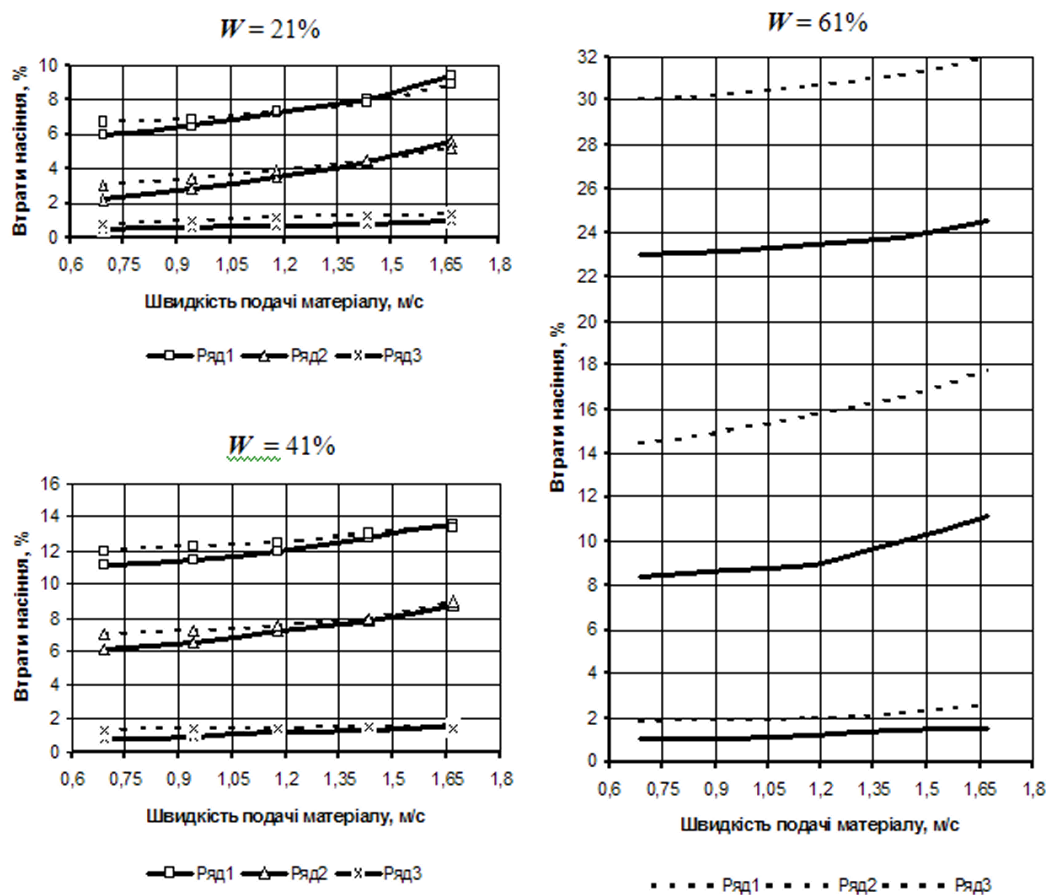


Рис. 3.4. Залежність втрат насіння в бобах на стеблах після обчісування від швидкості подачі матеріалу:

ряд - 1 для $\omega = 33,5\text{с}^{-1}$, ряд 2 – для $\omega = 68,1\text{с}^{-1}$, ряд 3 – для $\omega = 102,6\text{с}^{-1}$

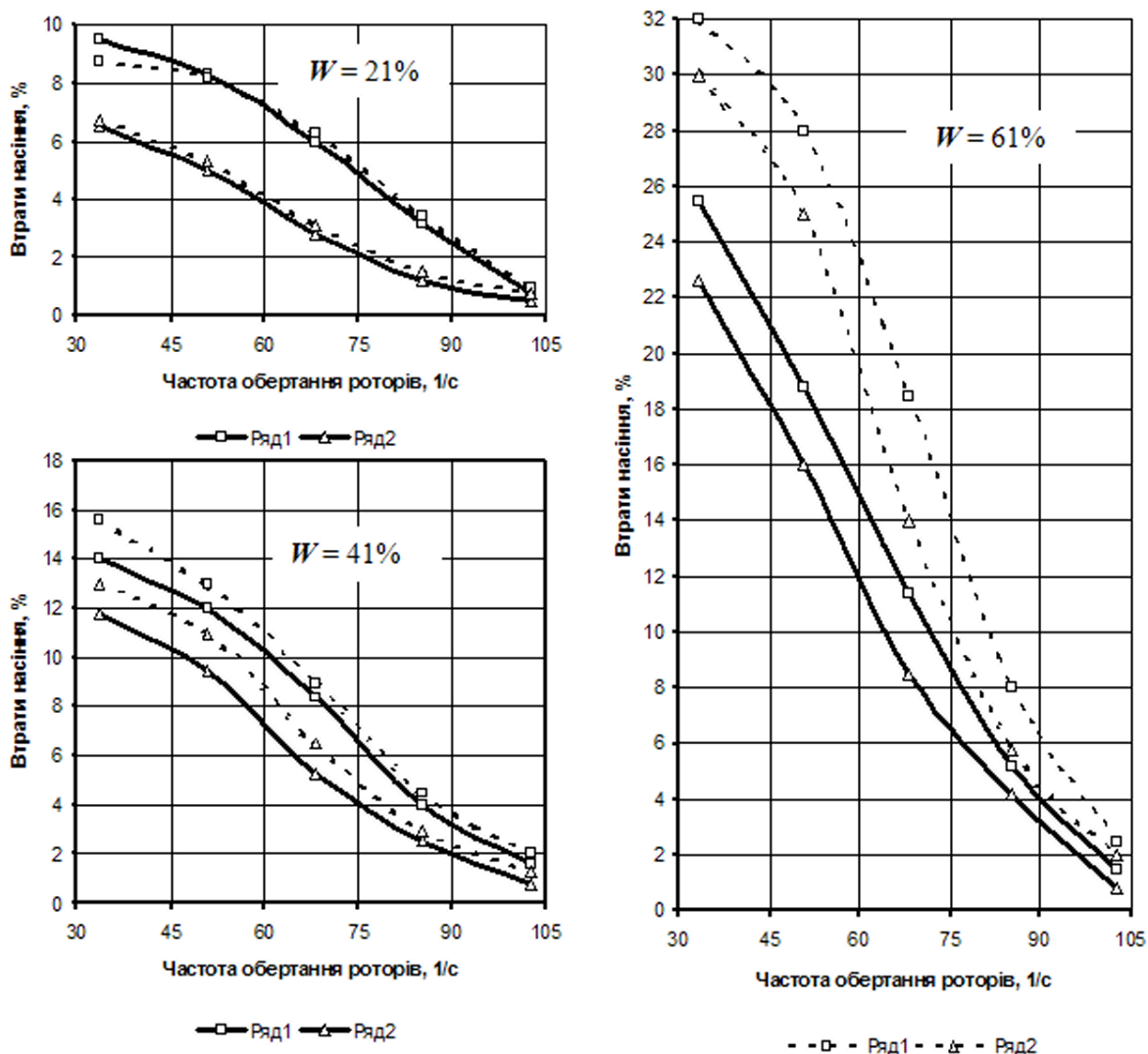


Рис. 3.5. Залежність втрат насіння в бобах на стеблах після обчисування від частоти обертання роторів при різній вологості рослинної маси:

ряд 1 - для $V = 1,67$ м/с, ряд 2 - для $V = 0,69$ м/с.

За критерієм Фішера, шляхом порівняння розрахованого значення F_r з табличним F_T , визначили ступінь значущості змінних факторів [2, 18, 23]. Встановили, що найбільший вплив на критерій оптимізації (якість обчисування q) мають кутова швидкість обертання роторів ω , поступальна швидкість подачі матеріалу V та вологість рослинної маси W .

Встановивши основні фактори, що впливають на якість обчисування, та межі їх варіювання, склали матрицю і робочу таблицю багатofакторного експерименту, по яких за встановленою методикою провели серію досліджень для пари трилопатних роторів на різних режимах роботи.

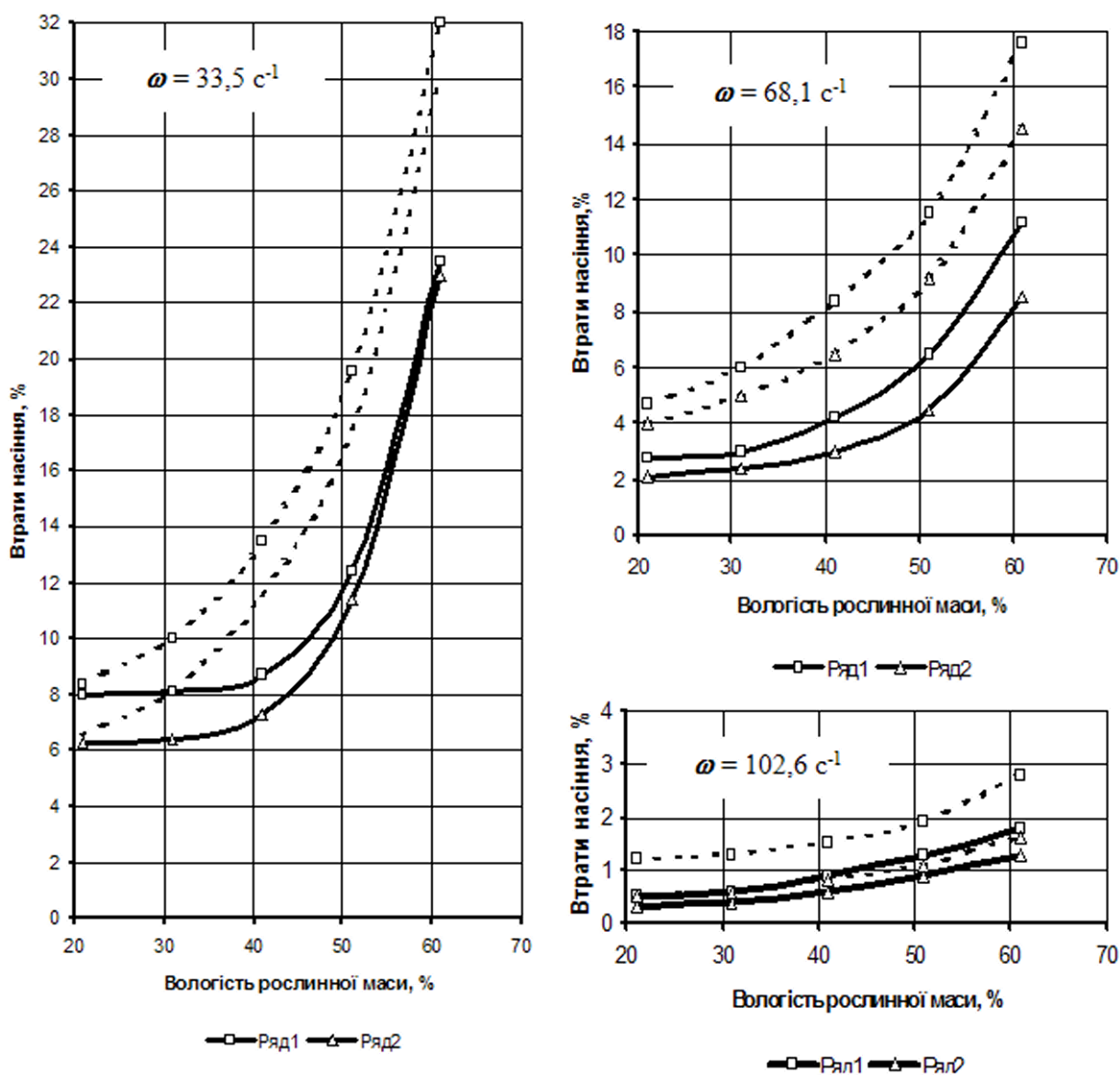


Рис. 36. Залежність втрат насіння в бобах на стеблах після обчісування від вологості рослинної маси при різній частоті обертання роторів:

ряд 1 - для $V = 1,67 \text{ м/с}$, ряд 2 - для $V = 0,69 \text{ м/с}$.

Встановивши основні фактори, що впливають на якість обчісування, та межі їх варіювання, склали матрицю і робочу таблицю багатфакторного експерименту, по яких за встановленою методикою провели серію досліджень для пари трилопатних роторів на різних режимах роботи.

Підставивши числові значення коефіцієнтів регресії в рівняння (4.4), отримали рівняння регресії в канонічній формі:

(4.7)

Перевірка математичної моделі по F-критерію і коефіцієнту множинної кореляції R показала, що вона адекватна дослідним даним для 5 % рівня значимості [30].

Аналіз математичної моделі та графічна інтерпретація результатів багатофакторного експерименту (рис. 3.4, 3.5, 3.6, 3.7) дозволили зробити такі висновки.

Змінні фактори, що підлягали дослідженню (ω , W , V , k) тісно пов'язані між собою і на показник якості обчісування q (критерій оптимізації) впливали комплексно. Тому, в кожному конкретному випадку важливо визначити їх оптимальне співвідношення.

Якщо вологість рослинної маси не перевищує 25...30 %, то кутову швидкість обертання роторів необхідно знижувати до 45...60 с^{-1} для усунення явища обламування стебел. З цією ж метою доцільно розміщувати лопаті пари роторів таким чином, щоб вони діяли на рослини по чергово з кожного боку. Поступальна швидкість руху ланцюга транспортера (подача матеріалу) в межах від 0,33 м/с до 1,67 м/с при такій вологості рослин в основному впливає не на якість обчісування насіннєвого вороху, а на продуктивність роботи обчісувального пристрою (рис. 3.4), тому її доцільно встановлювати в межах 1,2...1,6 м/с.

Незалежно від вологості рослинної маси при високій кутовій швидкості обертання роторів (вище 80 с^{-1}) втрати насіння при обчісуванні не перевищують 2 % від урожаю. Ці втрати практично не залежать від зміни поступальної швидкості руху ланцюга транспортера V (подачі матеріалу) і взаємного положення лопатей пари роторів (рис. 3.4).

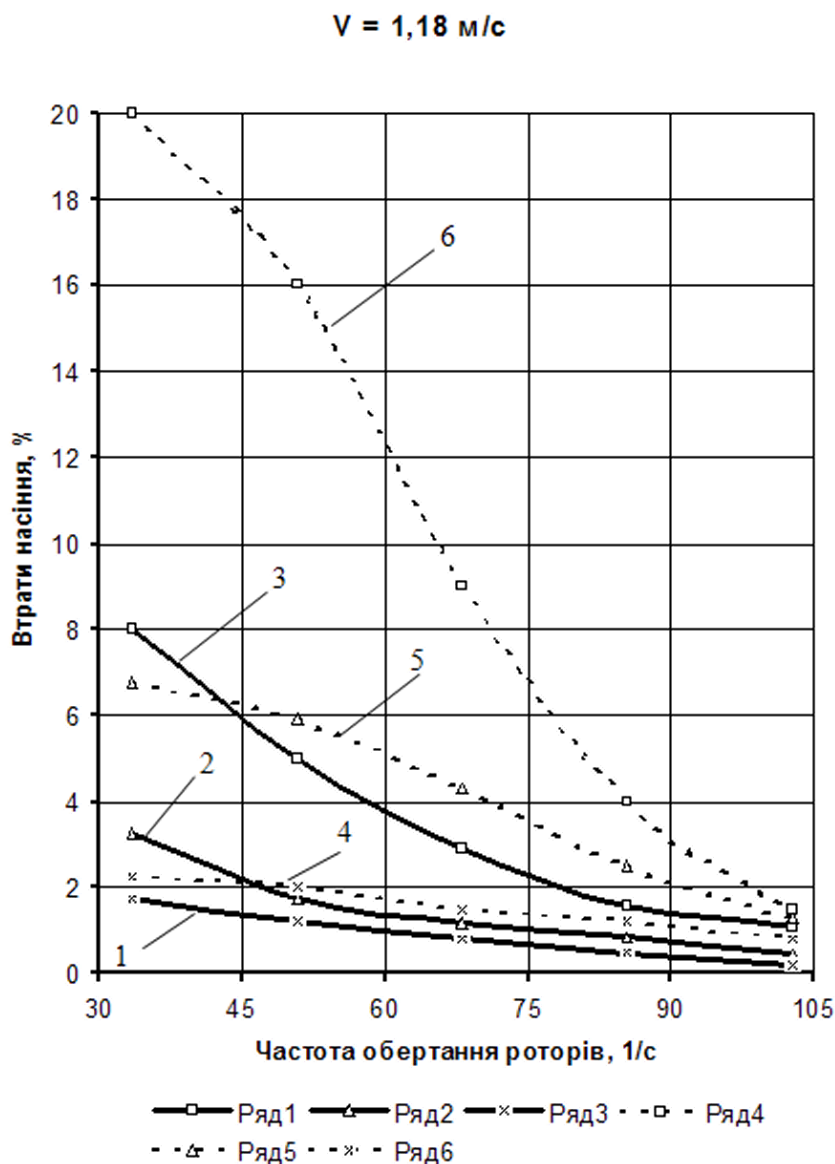


Рис 3.7. Залежність втрат насіння недоочісуванням на стеблах від кутової швидкості обертання роторів та вологості рослинної маси: ряд 1 - при $W = 11\%$; ряд 2 - при $W = 36\%$; ряд 3 - при $W = 61\%$. Ряди 4, 5, 6 - аналогічні значення для почергової дії лопатей пари роторів на рослини

Збільшення швидкості подачі матеріалу до $1,67 \text{ м/с}$ при частоті обертання роторів $50...65 \text{ с}^{-1}$ і вологості рослинної маси не вище 25% спричиняє зростання втрат насіння до 6% . Підвищення вологості рослинної маси до 60% зумовлює подальше збільшення втрат насіння недоочісуванням на цих же режимах роботи до $25...30\%$ від вирощеного урожаю (рис. 3.5).

При такій високій вологості важливе значення має взаємне розміщення лопатей пари роторів. Зміна взаємного положення лопатей, особливо при високій вологості рослинної маси і малій кутовій швидкості обертання роторів суттєво впливає на якість обчісування (рис. 3.6).

В зв'язку з тим, що при підвищеній вологості рослинної маси традиційні комбайнові способи збирання насіння не застосовуються, особливу увагу слід приділити дослідженню роботи обчісувальних робочих органів саме за цих умов.

Для забезпечення достатньої якості обчісування насіннєвого вороху люцерни трилопатними роторами (втрати насіння не більше 2...3 %) кутова швидкість обертання роторів повинна змінюватись в діапазоні 0,55...0,95 с⁻¹, а швидкість подачі матеріалу – від 0,9 м/с до 1,4 м/с в залежності від вологості рослинної маси. При обчісуванні сухих рослин (вологістю до 25 %) лопаті пари роторів доцільно встановлювати таким чином, щоб вони діяли на рослини по чергово, а при роботі з вологою масою – одночасно (рис. 4.7).

Графічна інтерпретація результатів лабораторних досліджень дозволяє в кожному конкретному випадку підібрати оптимальні поєднання значень факторів, при яких втрати насіння не перевищують 2...4 % навіть при високій вологості рослинної маси. Достовірність цих значень підтверджена результатами виробничої перевірки якості роботи дослідного зразка збирального агрегата.

В процесі проведення лабораторних досліджень, згідно з методикою, заміряли зусилля, що виникають в стеблах при їх обчісуванні на різних режимах роботи роторів. Знаючи середню кількість продуктивних стебел в кожному куші, або шляхом закріплення в затискачі транспортера одного стебла, визначали питоме зусилля $P_{в1}$, що виникає в кожному окремому стеблі при обчісуванні. Це зусилля не повинно перевищувати розривне зусилля стебла P_r , середнє значення якого визначено в розділі 3. Невиконання цієї вимоги призводить до перетворення процесу обчісування на процес обривання стебел.

Підвищення вологості рослинної маси знижує ламкість стебел та збільшує їх міцність, що дозволяє застосувати для відокремлення насіннєвого вороху більш жорсткі режими роботи обчисувального пристрою. В цьому випадку доцільно збільшити кутову швидкість обертання роторів до $85 \dots 90 \text{ c}^{-1}$, а лопаті пари роторів встановити таким чином, щоб вони діяли на рослини одночасно з обох боків рядка, що дозволить збільшити інтенсивність обчисування стебел. Але при цьому зростуть розривні та висмикувальні зусилля, що діють на рослини (рис. 3.8). Також збільшиться і потужність, яка необхідна для виконання процесу обчисування.

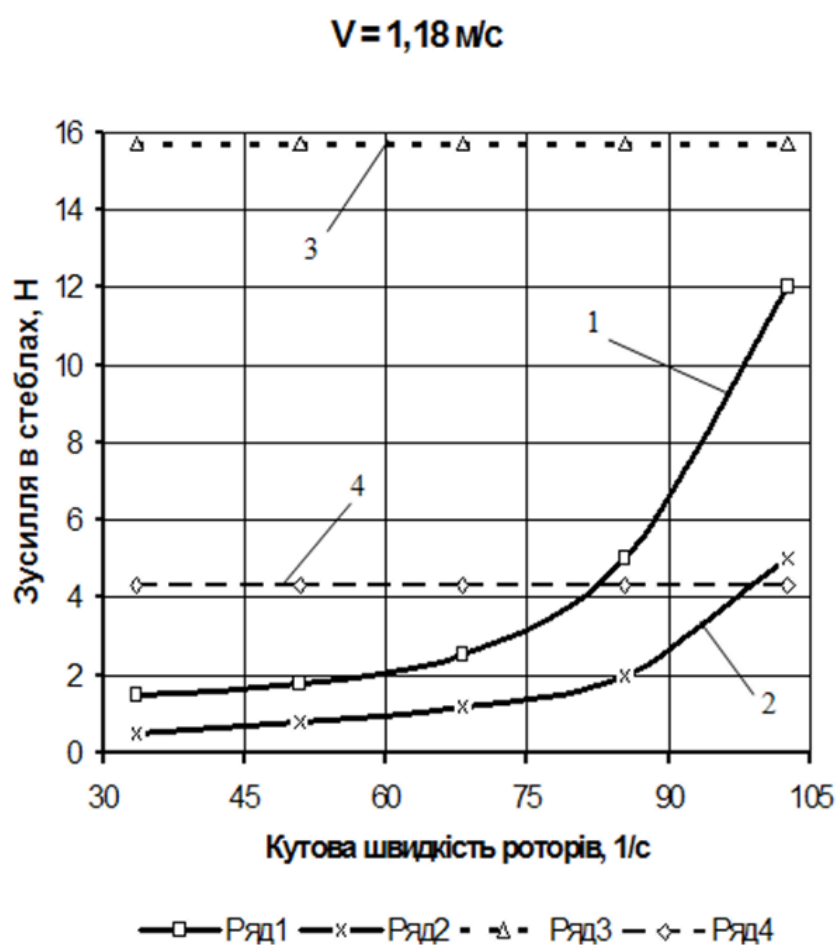


Рис3.8. Залежність зусиль, що виникають в стеблах при обчисуванні від швидкості обертання роторів: ряд 1 - при одночасній дії лопатей пари роторів; ряд 2 - при почерговій дії лопатей; ряд 3 - середнє значення зусилля розриву головного стебла; ряд 4 - середнє значення зусилля відриву пагонів

Подальше збільшення кутової швидкості обертання роторів до 100... 120 с⁻¹ недоцільне, бо це призводить до додаткових витрат енергії і спричиняє обривання стебел. Втрати насіння в межах 1...2 % урожаю допускаються агротехнічними вимогами [4, 16, 28] і спроби їх зменшити не завжди виправдані з економічної точки зору.

При обчісуванні насінневого вороху люцерни еластичними лопатями, як видно із рис. 3.8, розрив головного стебла практично не відбувається, а бокові пагони при високій кутовій швидкості обертання роторів будуть частково обриватись. Якщо лопаті пари роторів, які обертаються з кутовою швидкістю більшою за 85 с⁻¹ діють на стебла одночасно, то зусилля обчісування перевищують середнє значення зусилля відриву бокових пагонів головного стебла, що призводить до їх обривання. При послідовній дії лопатей цього не відбувається навіть при максимальній кутовій швидкості обертання роторів. Слід також відмітити, що збільшення кутової швидкості обертання роторів вище 75 с⁻¹ при одночасній дії на рослини лопатей пари роторів призводить до більш інтенсивного зростання розривних зусиль в стеблах, ніж при послідовній (рис. 3.8). Це пояснюється ефектом защемлення стебел між лопатями.

Висновки до розділу

1. Еластичні суцільні лопаті, які радіально закріплені на роторах під кутом 120° одна до одної і мають форму прямокутної трапеції зі скошеною передньою стороною, найбільш повно відповідають вимогам щодо якості обчісування та стосовно фракційного складу обчесаного вороху люцерни. Довжина робочої зони роторів становить 0,8 м, а їх діаметр – 0,28 м. Осі роторів нахилені до поверхні поля на кут 15°, який відповідає куту відхилення стебел подільниками-стеблепідіймачами.

2, Достовірність значень параметрів подільників-стеблепідіймачів, які визначені аналітичним шляхом, підтверджена результатами польових досліджень. З точки зору надійності роботи подільників їх необхідно

закріплювати шарнірно, з можливістю відхилення вгору при зустрічі з перешкодою.

3. При визначенні раціональних режимів роботи збирального агрегата необхідно керуватись оптимальним співвідношенням втрат насіння і фракційним складом зібраного вороху. Поступальну швидкість руху збирального агрегата вздовж рядків доцільно встановлювати 0,9...1,25 м/с., а частота обертання роторів повинна регулюватися в межах від 65 с^{-1} до 95 с^{-1} в залежності від вологості рослинної маси.

РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ

Із початком збирання врожаю в агропромисловому комплексі значно зростають обсяги та інтенсивність виконання відповідних технологічних операцій, пов'язаних із жнивами. Зростає кількість осіб, що беруть участь у виробництві, у тому числі за рахунок тимчасово залучених працівників, збільшується кількість задіяної техніки, тривалість сільськогосподарських робіт протягом доби. Травмонебезпечність цього періоду зумовлена максимальним напруженням, перенасиченістю праці, що призводить до помилкових дій, нехтування безпекою та відсутності належного контролю за безпечним виконанням робіт з боку інженерно-технічного персоналу [16]. Виконання сільськогосподарських робіт проводиться технікою яка була в експлуатації у країнах Європи і технікою, яка була на експлуатації у колгоспах і яка застаріла як морально, так і фізично. Питання безпеки праці часто залишаються поза увагою роботодавців[31].

4.1 Характеристика і аналіз небезпечних та шкідливих факторів, які можуть виникнути під час збирання врожаю

Жнива є причиною особливої турботи для хліборобів. Головною метою жнив, для роботодавців та господарів фермерських господарств, є не тільки своєчасність та якість збирання врожаю, а й збереження життя та здоров'я людей, які працюють на жнивах [32]. Загрозливу обстановку для нового врожаю створюють спекотна погода, сухі хліба, несправний стан деяких хлібозбиральних агрегатів, а також людська недбалість та безвідповідальність. За статистикою найчастіше травми отримують недосвідчені працівники, які влаштовуються на короткий час (сезонні роботи) та ті, які мають великий досвід роботи (від 15 років стажу), через надмірну самовпевненість і втрату пильності. Організований за короткий час робочий процес не означає, що він є безпечним. Для досягнення виробничих цілей, планів, завдань часто

намагаються знайти найкоротший шлях. Проте, травмувавшись, можна не досягти жодного результату, більше того – взагалі втратити можливість працювати. Крім цього, це може призвести до додаткових збитків підприємства та благополуччя сім'ї [33].

4.2 Розробка організаційно-технічних заходів по забезпеченню нормальних санітарно-гігієнічних умов праці під час збирання врожаю

Під час жнив велика робота ведеться на зерноскладах, зернотоках. При вході необхідно встановлювати плакати: «Вхід стороннім особам заборонено», бункери для зерна повинні мати решітки або кришки і бути обов'язково замкнені. Під час виконання ремонтних, обслуговуючих робіт потрібно вимикати електроживлення, на рубильниках та пускових пристроях вивішувати таблички: «Не вмикати, працюють люди!» та виконувати інші вимоги електробезпеки. Для попередження страхових ризиків під час збирання зернових культур фермери повинні провести організаційно-профілактичні заходи для недопущення випадків травмування працюючих на жнивах [34]: - у кожному господарстві організувати перевірку готовності техніки до заготівлі кормів та збирання зернових культур, завершити проведення навчання і перевірку знань з охорони праці, медогляд працівників; - призначити відповідальних за безпеку праці; - затвердити безпечні маршрути руху по господарству і визначити місця відпочинку, довести зазначену інформацію до виконавців робіт під підпис; Актуальні проблеми безпеки життєдіяльності людини в сучасному суспільстві (18-20 листопада 2020р.) 101 - забезпечити працівників спецодягом та засобами індивідуального захисту; - забезпечити працюючих аптечками першої допомоги; - укомплектувати автотракторну і збиральну техніку, господарські об'єкти первинними засобами пожежогасіння відповідно до рекомендацій Правил пожежної безпеки України. Від того, як буде збережений урожай, безпосередньо залежить добробут громадян [34].

4.3 Моделювання небезпечних ситуацій під час роботи збирального агрегату

Отже, проаналізувавши та виявивши небезпечні зони можна змоделювати виникнення небезпечних умов, а в подальшому і ситуацій при недотриманні хоча б однієї з вище перерахованих вимог. Наприклад розглянемо по одній небезпечній умові, що може виникнути в кожній небезпечній зоні [35] (додаток А)..

Небезпечна умова один НУ1 – надлишковий тиск у гідросистемі. НУ2 – машина знаходиться у відчепленому стані поза майданчиком. НУ3 – розкидач пофарбований в темні кольори. НУ4 – працівник не провів ТО у встановлений строк. НУ5 – рухомі частини агрегату не захищені. НУ6 – механізатор не пройшов інструктаж перед початком робіт. НУ7 – нехтування вимогами виробничої санітарії [35].

Наведені вище небезпечні умови при поєднанні з небезпечними діями працівника можуть призвести до виникнення небезпечних ситуацій, а в подальшому і до отруєнь, аварій, травм чи захворювання. Так, НД1 – працівник знаходиться поблизу гідросистеми. НД2 – навіска агрегатів до трактора. НД3 – працівник не розрахував габарити МТА. НД4 – налагодження чи проведення технічного огляду МТА. НД5 – робота без засобів індивідуального захисту. НС1 – порив магістралей гідросистеми. НС2 – падіння агрегатів при під'єднанні до трактору. НС3 – наїзд на працівника. НС4 – травмування працівника при налагодженні агрегату. НС5 – зоонозні захворювання можуть потрапити організм працівника [35].

Для попередження виникнення аварій, травм, отруєнь чи захворювання необхідно дотримуватись всіх вимог безпеки в усіх небезпечних зонах, так як порушення хоч однієї з них в кінцевому результаті може призвести до небажаних наслідків [35].

Висновки

Отже, важливим чинником безпечної праці є виконання працівниками правил внутрішнього трудового розпорядку, встановленого на підприємстві, а також організація контролю за їх дотриманням з боку адміністрації. Статистика травматизму свідчить, що на підприємствах, де проводиться робота з охорони праці, нещасні випадки трапляються на 80 % рідше. Кожен працівник має дбати про власну безпеку та безпеку оточуючих під час виконання робіт, а роботодавець має організувати безпеку цього процесу [37].

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Аналіз сучасних технологій збирання насіння люцерни показав, що найбільш перспективною є технологія, яка передбачає збирання в полі насіннєвого вороху шляхом обчісування рослин на корені з подальшим обробітком урожаю на стаціонарному пункті, що забезпечує мінімальні втрати насіння незалежно від вологості рослинної маси.

2. Дослідження фізико-механічних та агротехнологічних властивостей люцерни, що вирощується на насіння, підтвердили можливість застосування методу обчісування без пошкодження кореневої системи рослин і дозволили обґрунтувати принципову компоновочну та конструктивно-технологічну схеми обчісувального пристрою, а також визначити його основні параметри. Насіннєвий ворох люцерни доцільно збирати роторним обчісувальним пристроєм рядного типу з еластичними лопатями, що підвищує продуктивність збирального агрегату та покращує якість зібраного вороху.

3. Застосування аналітичних методів досліджень, які базуються на законах теоретичної механіки, опору матеріалів та аеродинаміки дозволило визначити раціональні параметри і режими роботи обчісувального пристрою та енергетичні показники роботи окремих вузлів збирального агрегату, основними з яких є: довжина стеблепідіймача - 0,6 м при ширині захвату 0,24 м і куті загострення 22°; розміри вхідного вікна обчісувальної камери - 0,45х0,12 м; кут відхилення стебел ребром стеблепідіймача - близько 14°; кут нахилу осей обертання обчісувальних роторів до поверхні поля - 15°; діаметр трьохлопатного ротора - 0,28 м при довжині його активної зони 0,75 м; раціональна поступальна швидкість руху агрегата по полю - 1,0 м/с; діапазон швидкості обертання роторів - 60...90 с⁻¹; швидкість повітряного потоку пневмотранспортера в зоні обчісування - не менше 8,5 м/с; розрахункова потужність двигуна - близько 30 кВт.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Дударєв І.М. Теоретичні основи модернізації машин для виробництва льону: монографія / І.М. Дударєв. – Луцьк: Ред.-вид. відділ Луцького НТУ, 2015. – 268 с. https://www.researchgate.net/profile/Igor-Dudarev/publication/338937093_Theoretical_bases_for_the_modernization_of_flax_production_machines_Teoreticni_osnovi_modernizacii_masin_dla_virobnictva_lonu_Teoreticeskie_osnovy_modernizacii_masin_dla_proizvodstva_lna/links/5e3404b0299bf1cdb9ffb3ef/Theoretical-bases-for-the-modernization-of-flax-production-machines-Teoreticni-osnovi-modernizacii-masin-dla-virobnictva-lonu-Teoreticeskie-osnovy-modernizacii-masin-dla-proizvodstva-lna.pdf
2. Анеляк М.М. Дослідження процесу витирання і сепарації насіння люцерни комбайном „ДОН-1500”, обладнаного пристроєм для збирання насінників трав / М.М. Анеляк // Загальнодерж. міжвідом. наук.-техн. зб. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. – Кіровоград : КНТУ, 2005. – Вип. 35. – С. 236–239.
3. Твердохліб І.В. Використання ознак зв'язності для задач розпізнання складових насінневого вороху багаторічних трав / І.В. Твердохліб, С.І. Кормановський, А.В. Спирін // Економічна кібернетика – інженерія економіки : одинадцята всеукраїнська наук. конф., 30-31 березня 2012 р. : тези доп. – Тернопіль, ТНЕУ, 2012. – С. 43–45.
4. Твердохліб І.В. Теоретичні дослідження завантажувального каналу дисково-теркового пристрою / І.В. Твердохліб // Актуальні задачі сучасних технологій : міжн. наук.-техн. конф. молодих учених та студентів, 25-26 листопада 2015 р.: тези доп. – Тернопіль: ТНТУ, 2015. – С. 237–238.
5. Техніко-економічне обґрунтування застосування машин, обладнання і технологій / [Гевко Р.Б., Гладич Б.Б., Павх І.І., Кириленко Т.П.] – Тернопіль: 2003. – С. 138–144.
6. Мороз, М. М. (2001). Обґрунтування параметрів та режимів роботи обчісуючої жатки для збирання зернових колосових культур (Doctoral dissertation, Кіровоградський держ. технічний ун-т.—Кіровоград,-2001.—185

- арк.—Бібліогр.: арк).
7. Сисолін П. В., Коваль С. М., Іваненко І. М. Машини для збирання зернових культур методом обчісування колосків. «КОД». 2010. ISBN 978-966- 1508-34-6
 8. Іванишин, В., Іліяшик, В., & Дуганець, В. (2016). Аналіз конструкцій і приставок до зернозбиральних комбайнів та особливості їх використання на збиранні сої та ріпаку. Вісник Львівського національного аграрного університету. Агроінженерні дослідження, (20), 187-197.
 9. Леженкін, О. (2013). Шляхи удосконалення збирання зернових. Техніка і технології АПК, (6), 10-13.
 10. Леженкін, І. О., & Леженкин, И. А. (2017). Обґрунтування параметрів та режимів функціонування робочого органу для сепарації обчісаного вороху пшениці: автореферат дис.... канд. техн. наук, спец.: 05.05. 11. <http://elar.tsatu.edu.ua/bitstream/123456789/1292/1/1927.pdf>
 11. Козаченко О. В., Пахучий А. М., Дьяконов С. О., Гончаров В. В. Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів обчісуючого барабану жниварки. Інженерія природокористування. 2019. № 1 (11). С. 74-82. <https://repo.btu.kharkov.ua/handle/123456789/1781>
 12. <https://repo.btu.kharkov.ua/bitstream/123456789/1781/1/11.pdf>
 13. Борисенко, М. М., & Шварцман, М. Є. (2012). Аналіз та перспективи удосконалення конструкції жниварки обчісуючого типу. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка, (121), 37-40.
 14. Kozachenko O. Results of numerical modeling of the process of harvesting the seeds of flax by a harvester of the stripping type Kozachenko O., Pakhuchyi A., Shkregal O., Dyakonov S., Bleznyuk O., Kadenko V. // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. - 2019 - 3(1-99). - с. 66-74.
 15. Пахучий, А. М., & Олексієнко, О. М. (2021). Технічні засоби для збирання сільськогосподарських культур на корені. <https://repo.btu.kharkov.ua/bitstream/123456789/2582/1/materialy->

MNPK_SIAHV_2021-318-319.pdf

16. Радіонов М. О. Визначення основних напрямів профілактики травматизму на підприємствах сільського господарства / М. О. Радіонов, Д. Д. Марченко, В. М. Курепін // Вісник аграрної науки Причорномор'я. - 2019. - Вип. 1 (101). - С. 111-117. - DOI: 10.31521/2313-092X/2019-1(101)-16. URL: <http://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/6105>.
17. Адамчук В.В. Про розробку і створення в Україні сільськогосподарських машин сучасного рівня / В.В. Адамчук, В.М. Булгаков, В.В. Іванишин // Зб. наук. праць Вінницького націон. аграрн. ун-ту. Серія: Технічні науки. – Вінниця : ВНАУ, 2012. – Вип. 11. – Т. 2 (66). – С. 8–14.
18. Анеляк М.М. Шляхи зменшення втрат насіння конюшини при збиранні / М.М. Анеляк, В.П. Богуславський, А.Я. Кузьмич // Механізація та електрифікація сільського господарства. Міжвідомчий тематичний науковий збірник. – Глеваха, 2003. – Вип. 87. – С. 120–125.
19. Спірін А.В. Перспективна технологія збирання насінників трав / А.В. Спірін, І.В. Твердохліб // Техніка, енергетика, транспорт АПК. – Вінниця : ВНАУ, 2016. – № 1 (93). – С. 25–27.
20. Ackerman N.I. Stresses in rapidly Fluid – Solid Mixtures / N.I. Ackerman, H.H. Shen // Dev. Eng. Mech. – ASCE, 1982. – Vol. 108. – P. 95-113.
21. Твердохліб І.В. Технології збирання насінників трав / І.В. Твердохліб, А.В. Спірін // Корми і кормовий білок : XIII міжн.-наук. конф., 15 грудня 2015 р. : тези доп. – Вінниця : Інститут кормів та с.г. Поділля НААН України, 2015. – С. 51-52.
22. Твердохліб І.В. Зменшення втрат насіння багаторічних бобових трав при його збиранні / І.В. Твердохліб, А.Я. Кузьмич, М.М. Анеляк // Сучасні проблеми землеробської механіки : мат. XIII міжн.-наук. конф., 17-19 жовтня 2012 р. : тези доп. – Вінниця, ВНАУ. – С. 46–47.
23. Твердохліб І.В. Дослідження процесу витирання насіння багаторічних бобових трав дисковим терковим пристроєм / І.В. Твердохліб, М.М. Анеляк, А.Я. Кузьмич, С.О. Кустов // Міжвід. тематичний наук. зб. «Механізація та

- електрифікація сільського господарства». – Глеваха, 2013. – Вип. 97. – Т. 1. – С. 468–476.
24. Пат. № 105114 Україна. МПК A01F 11/04. Терковий пристрій / Анеляк М.М, Кузьмич А.Я., Кустов С.О. Твердохліб І.В.; заявник і власник ННЦ «Інститут механізації і електрифікації сільського господарства». – № а201302341 ; заявл. 25.02.2013 ; опубл. 25.12.2013. Бюл. № 7.
 25. Tverdokhlib I.V. Theoretical studies on the working capacity of disk devices for grinding agricultural crop seeds / I.V. Tverdokhlib, A.V.Spirin // Inmaten. Agricultural Engineering. – Bucharest : National Institute of research-development for machines and installations designed to Agriculture and food industry, 2016. – Vol. 48. – No. 1 / 2016. –Pag. 43–52.
 26. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку : підручник / [Д.Г. Войтюк, В.М. Барановський, В.М. Булгаков та ін.]. – К. : Вища освіта, 2005. – 446 с.
 27. Shen H.H. Constitutive Relationships for Fluid – Solid Mixtures / H.H. Shen, Ackermann N.I. // Dev. Eng. Mech. – ASCE, 1982. – Vol. 108. – P. 748.
 28. Твердохліб І.В. Спирін А. Результати експериментальних досліджень ступення витирання насіння дисково-терковим пристроєм Техніка, енергетика, транспорт АПК. – Вінниця : ВНАУ, 2015. – № 3 (92). – С. 28–36.
 29. Анеляк М.М. Основні підходи до обґрунтування технологічних рішень процесу обмолоту, витирання та сепарації насіння бобових трав / М.М. Анеляк, І.В. Твердохліб, А.В. Спирін [та інш.] // Промислова гідравліка та пневматика. – № 1 (35). – 2012. – С. 15–18.
 30. Твердохліб І.В. Обґрунтування режимів роботи молотарки зернозбирального комбайна на насіння багаторічних трав / І.В. Твердохліб, А.Я. Кузьмич, М.М. Анеляк. // 36. наук. праць Вінницького націон. аграр. ун-ту. Серія: Технічні науки. – Вінниця : ВНАУ, 2012. – № 10. – Т. 2 (59). – С. 40-43.
 31. Курепін В. М., Курепін Д. В. Державне управління у сфері цивільного захисту та безпеки життєдіяльності в умовах реформування місцевого самоврядування та децентралізації влади. Modern Economics. 2020. №

- 19(2020). С. 94-100. DOI: [https://doi.org/10.31521/modecon.V19\(2020\)-16](https://doi.org/10.31521/modecon.V19(2020)-16). URL: <http://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/7419>.
32. Бушуев Н. Механизация семеноводства красного клевера / Н. Бушуев, М. Латышев. – М. : Сельхозгиз, 1951. – 132 с.
33. Курепін В. М. Стратегічні підходи щодо забезпечення активізації виробничої діяльності та охорони праці при вирощуванні високоякісного зерна зернових культур / В. М. Курепін, Д. В. Курепін // Актуальні проблеми землеробської галузі та шляхи їх вирішення : матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції, м. Миколаїв, 4-6 грудня 2019р. – Миколаїв : МНАУ, 2019. – С. 94 – 97. URL: <http://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/6403>.
34. Курепін В. М. Протипожежна та техногенна безпека при збиранні урожаю / В. М. Курепін, А. В. Демченко // Актуальні проблеми землеробської галузі та шляхи їх вирішення : матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції, м. Миколаїв, 4-6 грудня 2019р. – Миколаїв : МНАУ, 2019. – С. 90 – 92. URL: <http://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/6404>.
35. Прокопенко Е.В. Моделирование производственных небезпек та зменшення їх шкідливого впливу при проведенні механізованих робіт [Електронний ресурс] / Е.В. Прокопенко, І.О. Лісовий, Т.С. Лісова // Збірник наукових праць Уманського НУС. – Умань, 2015. – Вип. 87. – Ч. 1: Агрономія. – С. 79–86
36. Райченко Д.П. «Обґрунтування параметрів машини для поверхневого внесення добрив» УНУС. 2022. 77с.
37. Кулабухова Н. Ю. Безпечна праця, як чинник збереження урожаю // Актуальні проблеми життєдіяльності людини в сучасному суспільстві : тези доповідей здобувачів вищої освіти інженерно-енергетичного факультету та інших учасників освітнього процесу за результатами тематичного «круглого столу» на інженерно-енергетичному факультеті, м. Миколаїв, 18-20 листопада 2020 р. Миколаїв : Миколаївський національний аграрний університет, 2020. С. 99-102. URL: <https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/8154>

ДОДАТКИ

