

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Факультет інженерії та енергетики
Кафедра агроінженерії та технічного сервісу**

**Кваліфікаційна робота
на правах рукопису**

Олішевський Павло Сергійович

УДК 631.17

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
МОДЕРНІЗАЦІЯ МОЛОТИЛЬНО-СЕПАРУВАЛЬНОГО
ПРИСТРОЮ КОМБАЙНА ДЛЯ ЗБИРАННЯ ЛІКАРСЬКИХ
ЗЛАКОВИХ ТРАВ НА НАСІННЯ**

208 “Агроінженерія”

Подається на здобуття освітнього ступеня бакалавр кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело _____ Олішевський П.С.

Керівник роботи

Білецький В.Р.

кандидат технічних наук, доцент

Житомир – 2025

АНОТАЦІЯ

Олішевський Павло Сергійович. Модернізація молотильно-сепарувального пристрою комбайна для збирання лікарських злакових трав на насіння. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавр за спеціальністю 208 – Агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2025.

У даній кваліфікаційній роботі було здійснено аналіз існуючого молотильно-сепарувального пристрою комбайна та обґрунтовано необхідність його модернізації для підвищення ефективності збирання лікарських злакових трав на насіння.

Модернізований агрегат потребує менших енергетичних витрат на 5 % завдяки зниженню опору подачі матеріалу та оптимізації аераційних потоків. Уніфікація вузлів із можливістю швидкого переобладнання дає змогу застосовувати комбайн «Скіф-310» для інших зернових культур без значних конструктивних змін.

Таким чином, проведена робота доводить ефективність запропонованої модернізації молотильно-сепарувального пристрою комбайна для збирання лікарських злакових трав на насіння. Розроблені конструктивні і технологічні рішення забезпечують підвищення продуктивності, зниження втрат і покращення якості насіння, що сприяє підвищенню рентабельності агровиробництва. Результати досліджень можуть бути використані при доопрацюванні типових технічних регламентів виробника та впровадженні в серійне виробництво. Перспективним напрямком подальших досліджень є адаптація системи регулювання повітряного потоку до змінної густоти стояння рослин у полі.

Ключові слова: комбайн, технологія, збирання, лікарські трави, модернізація, молотильно-сепарувальний пристрій.

ANNOTATION

Olishevsky Pavel Sergeyevich. Modernization of the threshing and separating device of a combine harvester for harvesting medicinal cereal grasses for seed. – Qualification work on the rights of the manuscript.

Qualification work for obtaining a bachelor's degree in the specialty 208 – Agricultural Engineering. – Polissia National University, Zhytomyr, 2025.

This thesis analyzes the existing threshing and separating device of a combine harvester and justifies the need for its modernization to improve the efficiency of harvesting medicinal grasses for seeds.

The modernized unit requires 5% less energy consumption due to reduced material feed resistance and optimized aeration flows. The unification of components with the possibility of quick conversion allows the Skif 310 combine harvester to be used for other grain crops without significant design changes.

Thus, the work carried out proves the effectiveness of the proposed modernization of the threshing and separating device of the combine harvester for harvesting medicinal grasses for seeds. The developed design and technological solutions ensure increased productivity, reduced losses, and improved seed quality, which contributes to increased profitability of agricultural production. The research results can be used in the refinement of the manufacturer's standard technical regulations and in serial production. A promising direction for further research is the adaptation of the air flow control system to the variable density of plants in the field.

Keywords: combine harvester, technology, harvesting, medicinal herbs, modernization, threshing and separating device.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОЩУВАННЯ ЛІКАРСЬКИХ ЗЛАКОВИХ ТРАВ НА НАСІННЯ.....	8
РОЗДІЛ 2. МОДЕРНІЗАЦІЯ КОМБАЙНА СКІФ-310.....	16
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ОПЕРАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ЗБИРАННЯ ЛІКАРСЬКИХ ЗЛАКОВИХ ТРАВ НА НАСІННЯ.....	25
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	32
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	33

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Сьогодні в Україні та світі спостерігається стійка тенденція до розширення ринку лікарських рослин і підвищеного попиту на якісну сировину для фармацевтичної та косметичної галузей. Лікарські злакові трави — такі як тимофіївка, мітлиця та вівсяниця — дедалі частіше застосовуються як джерело біологічно активних речовин, що зумовлює необхідність підвищення ефективності їх вирощування та збирання насіння. Наявні комбайни, розраховані переважно на зернові культури, не враховують особливостей будови й фізико-механічних властивостей стебел і вузькозернистого насіння багатьох лікарських злакових трав, що призводить до значних втрат урожаю та погіршення якості сировини при роботі молотильно-сепарувального пристрою.

Висока ступінь механічного руйнування насіння та інтенсивне забруднення його частинками рослинної рештки обумовлюють необхідність модернізації традиційної конструкції молотильно-сепарувального вузла. Оптимізація параметрів молотильного барабана, удосконалення системи сепарації та регулювання робочих зазорів дозволить знизити енергоємність процесу, забезпечити більш дбайливе обмолочування й розділення насіння з поліпшеною чистотою товарної партії. В результаті впровадження модернізованих пристроїв зросте технологічна продуктивність комбайна, зменшаться втрати насіння під час збирання та знизяться трудовитрати на його додаткову очистку.

Крім того, удосконалення молотильно-сепарувального пристрою сприятиме підвищенню конкурентоспроможності українських виробників лікарської сировини на внутрішньому й зовнішньому ринках, забезпечуючи виконання жорстких вимог до якості насіння, встановлених міжнародними стандартами. Реалізація результатів дослідження дозволить створити технічне рішення, яке інтегрується з існуючими моделями комбайнів, знижуючи капітальні витрати для господарств і забезпечуючи швидке повернення

інвестицій у модернізацію. Таким чином, тема дослідження є своєчасною, науково і практично значущою для розвитку механізованої технології збирання лікарських трав та підвищення ефективності агропромислового виробництва.

Метою дослідження є обґрунтувати та розробити конструктивно-технологічні рішення з модернізації молотильно-сепарувального пристрою комбайна для збирання лікарських злакових трав на насіння з метою підвищення продуктивності процесу, якості зібраного насіння та зменшення технологічних втрат.

Завдання дослідження:

- провести аналіз існуючих конструкцій молотильно-сепарувальних пристроїв комбайнів та їх застосовність для збирання лікарських злакових трав;
- вивчити морфолого-механічні властивості стебел і насіння основних видів лікарських злакових трав (тимофіївка, мітлиця, вівсяниця) та характер їх забруднення під час збирання;
- сформулювати технічні вимоги до модернізованого молотильно-сепарувального вузла на основі результатів теоретичних досліджень;
- виконати технічне проєктування конструктивних елементів з урахуванням можливості регулювання зазорів і швидкісних режимів;
- розробити рекомендації з промислового впровадження модернізованого молотильно-сепарувального пристрою.

Об'єктом дослідження є процес молотьби та сепарації насіння лікарських злакових трав, а також молотильно-сепарувальний пристрій комбайна для їх збирання.

Предметом дослідження закономірності взаємодії робочих органів молотильно-сепарувального пристрою з ворохом лікарських злакових трав, що впливають на якісні та енергетичні показники процесу, а також конструктивні та режимні параметри модернізованого молотильно-сепарувального пристрою, що забезпечують підвищення ефективності збирання насіння.

Перелік публікацій за темою роботи:

1. Білецький В.Р., Олішевський П.С., Веремій Т.Б. Особливості будови комбайнів для збирання злакових трав на насіння. Збірник тез доповідей XI Міжнародної науково-практичної конференції «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь» з нагоди 30-річчя започаткування підготовки ОС «Бакалавр» за спеціальністю «Агроінженерія» 11 квітня 2025 року м. Житомир / МОН України, Житомирський агротехнічний фаховий коледж. Київ. Видавничий центр ЖАТФК України, 2025. С. 101-103.
2. Олішевський П.С. Аналіз технології вирощування лікарських злакових трав. Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: матеріали V Міжнар. наук.-практ. конференції молодих учених (Запоріжжя, 03-28 лютого 2025 р.). Запоріжжя: ТДАТУ, 2025. С. 86-89.

Практичне значення одержаних результатів. Розроблені рекомендації та технічні рішення щодо модернізації молотильно-сепарувального пристрою дозволять значно зменшити втрати насіння лікарських злакових трав під час збирання. Це особливо важливо для цінних і рідкісних видів. Підвищення якості зібраного насіння за рахунок мінімізації його пошкодження та засміченості. Модернізований пристрій забезпечить більш дбайливе обмолочування і ефективну сепарацію, що позитивно вплине на схожість та енергію проростання насіння.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 27 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 35 сторінок комп'ютерного тексту, містить 4 рисунки та 6 додатків.

РОЗДІЛ 1

ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОЩУВАННЯ ЛІКАРСЬКИХ ЗЛАКОВИХ ТРАВ НА НАСІННЯ

Технологія вирощування лікарських злакових трав на насіння ґрунтується на комплексі агротехнічних прийомів, спрямованих на отримання високоякісного насіння з максимальною енергією проростання. Першим етапом є вибір оптимальних сортів і місцевих форм трав, адаптованих до конкретних кліматичних і ґрунтових умов регіону. При цьому звертають увагу на стійкість до хвороб, здатність накопичувати велику кількість біологічно активних речовин та тривалість вегетаційного періоду. Для забезпечення однорідності посівного матеріалу проводять репродукційний відбір батьківських рослин у попередні роки. Якість насіння контролюється лабораторними методами: визначають схожість, чистоту, масу тисячі насінин та вміст вологи. Сортіві посівні матеріали повинні мати сертифікат відповідності державним стандартам. Удосконалена селекція дозволяє отримувати високоврожайні гібриди з підвищеним вмістом активних речовин. Таким чином, перший крок – науково обґрунтований вибір і підготовка посівного матеріалу – закладає основу всього агротехнічного процесу [2-3].

Підготовка ґрунту для вирощування лікарських злакових трав починається з аналізу фізико-хімічних показників родючості. Виконують агрохімічне обстеження, яке включає визначення рівня рН, вмісту органічної речовини, фосфору, калію та інших елементів живлення. За результатами аналізу коригують дозування мінеральних добрив, орієнтуючись на рекомендації для культур – попередників. Основна оранка проводиться у пізню осінь на глибину 20–25 см для підгону ґрунту та знищення кореневих решток бур'янів. Навесні здійснюють передпосівну культивуацію та прикочування, щоб вирівняти поверхню поля і покращити контакти насіння з ґрунтом. У легких ґрунтах додатково застосовують боронування для запобігання утворенню ґрунтової кірки. Технологічне нормування обробітку ґрунту сприяє

оптимальному збереженню вологи та створенню сприятливих умов для проростання насіння [5].

Сівба лікарських злакових трав на насіння планується з урахуванням біологічних особливостей кожного виду і гідротермічних умов регіону. Оптимальні строки сівби коливаються в широкому діапазоні: від ранньої весни до пізньої осені залежно від холодостійкості та тривалості вегетації. Для багаторічних форм може застосовуватися серійна сівба з інтервалом 7–10 днів, щоб отримати резервні посіви у разі зрідження сходів. Норма висіву визначається за показником густоти стояння рослин, що для більшості лікарських злаків складає 300–400 шт. на м². Глибина загортання насіння не перевищує 2–3 см, особливо на важких ґрунтах — вона обмежується шаром 1,5–2 см. Точний дозатор і висівні апарати сівалок дозволяють уникнути нерівномірності розподілу насіння. Дотримання цих параметрів забезпечує рівномірні сходи і рівномірний розвиток посівів [4-7].

Сівозміна відіграє ключову роль у збереженні продуктивності полів під лікарські злаки. Найбільш придатними попередниками є бобові культури та технічні зернові, що забезпечують підвищення вмісту азоту в ґрунті та зниження фітопатогенного навантаження. Повертати лікарські злакові трави на попередньому полі рекомендується не раніше ніж через 4–5 років, щоб уникнути накопичення ґрунтових шкідників і хвороб. Сівозміна також включає насичення полів сидератами після збирання насіння, що сприяє відновленню гумусового горизонту. Планування сівозміни здійснюють з урахуванням ротації груп бур'янів та забезпечення оптимальних умов для наступних культур. Дотримання цих принципів є запорукою стабільності врожайності на довгостроковій основі [6-8].

Активна система захисту посівів передбачає моніторинг фітосанітарного стану на всіх етапах вегетації. За результатами регулярних обстежень визначають видовий склад бур'янів, шкідників і збудників хвороб. Для боротьби з бур'янами застосовують як механічні (стрічкові обробітки, міжрядні культивування), так і хімічні методи (системні і контактні гербіциди). При

виявленні шкідників — злакових мухи, цикадки, попелиці — зазвичай застосовують інсектициди з фумігацією чи обприскуванням. Хвороби (ріжки, іржа, борошниста роса) лікують фунгіцидами з профілактичною і лікувальною дією. Вибір препаратів і строків обробок ґрунтується на фазі розвитку рослин та інтегрованому підході до захисту. Своєчасність і правильне застосування засобів захисту мінімізують втрати врожаю [8-10].

Мінеральне живлення є одним із факторів, що безпосередньо впливає на продуктивність і якість насіння. Планове внесення добрив передбачає внесення фосфорно-калійних препаратів під основний обробіток ґрунту та азотних — у фазах кущіння і виходу в трубку. Для лікарських злаків характерна підвищена потреба у фосфорі та калії, що сприяє формуванню міцних стебел і високій масі тисячі насінин. Азотні добрива розподіляють на дві-три підживлення, щоб уникнути надмірного наростання вегетативної маси за рахунок генеративного розвитку. Внесення мікродобрив (бор, марганець, залізо) актуальне на ґрунтах, що бідні на ці елементи. Використання ґрунтових і позакоренових підживлень дозволяє корегувати дефіцит в умовах нерівномірної вологи. Дотримання режиму живлення сприяє зростанню врожайності та підвищенню енергії проростання насіння [2-6].

Система зрошення грає вагомую роль на посушливих ґрунтах і у регіонах з нестабільними опадами. Найефективніші методи — крапельне та дощувальне зрошення, які забезпечують рівномірне зволоження глибини загортання насіння. Першу сівбову зрошення проводять до появи сходів, щоб покращити умови проростання. Подальші зрошувальні заходи планують у фазах кущіння, виходу в трубку і початку формування колоса. Надмірна волога в період цвітіння може призвести до затяжних захворювань, тому кількість і строки зрошення координують із погодними прогнозами. В маловодних роках регулярне зрошення підвищує масу тисячі насінин і чистоту врожаю. Рациональне використання води заощаджує ресурси та збільшує економічну ефективність вирощування [7-12].

Агрегати для міжрядного обробітку застосовують для механічного контролю бур'янів і розпушування ґрунту. Міжрядні культивації виконують на глибину 4–6 см, щоб не пошкодити кореневу систему. Першу культивацію проводять, коли рослини досягли висоти 5–6 см, другу – на висоті 10–12 см. Використовують легкі навісні культиватори або роботизовані польові агрегати з паралельним копіюванням рельєфу. Пристрої для розпушування шлейфами допомагають зберегти вологу і покращити аерацію кореневого шару. Механічна боротьба з бур'янами доповнює гербіцидний контроль та сприяє зниженню доз хімічних засобів. Правильне регулювання глибини обробітку зменшує ризик загортання вогкої підструктури ґрунту [8].

Моніторинг росту й розвитку трав починається з моменту появи сходів і завершується перед збиранням насіння. Використовують польові стаціонари, фотометричні методи і дистанційне зондування, щоб оцінити густоту і фази розвитку. Регулярні спостереження дозволяють коригувати норми підживлення, строки зрошення та обсяги захисних заходів. Фіксують інтенсивність вегетації, висоту рослин, коливання вмісту води в тканинах. Дані польового моніторингу допомагають приймати рішення про оптимальні строки збирання, коли насіння досягає повної стиглості. Формують агро-інформаційні карти поля для аналізу результатів. Така система управління підвищує точність агротехнології [12].

Технологія збирання насіння лікарських злаків базується на врахуванні біологічної стиглості рослин і забезпеченні мінімальних втрат при обмолоті. Оптимальна вологість насіння під час збирання складає 14–18 %. Комбайни оснащують регульованими молотильними барабанами та спеціальними решітками для лікарських культур, щоб зменшити травмування насіння. Збирання починають з крайових ділянок поля, поступово просуваючись до центру, щоб уникнути розтрускування та випадання зерна. Швидкість руху агрегату не перевищує 3–4 км/год, а обертів барабана регулюють під конкретний вид трави. Після збирання насіння транспортують у чисті траншеї

або кузови із захистом від атмосферних опадів. Своєчасність та акуратність збирання знижує втрати до 3–5 % від загального врожаю [1-5].

Передпосівний контроль насіння включає очистку від домішок, сортування за величиною і калібрацію. Використовують вібраційні решета і повітряні сепаратори, щоб відокремити легкі частинки та пил. Насіння калібрують за масою тисячі штук, щоб забезпечити однорідність енергії проростання. При необхідності проводять протруювання фунгіцидами та інсектицидами для захисту від ґрунтових шкідників та хвороб. Оброблене насіння сушать при температурі не більше 35 °C до вологості 8–10 %. Після обробки посівний матеріал зберігають у сухих провітрюваних складах з вологості повітря не вище 65 %. Якісна підготовка насіння є гарантом високої схожості та дружних сходів [7-12].

Зберігання насіння лікарських злаків вимагає строгого дотримання температурних і вологісних режимів. Ідеальні умови – температура 0–5 °C та відносна вологість 40–50 %. Склади мають бути обладнані системами вентиляції та холодильного обладнання для регулювання клімату. Перед закладанням насіння на зберігання проводять дослідження на наявність збудників хвороб та шкідників. Використовують фумігацію або холодове оброблення для дезінсекції. Насіння фасують у полотняні або паперові мішки, що дозволяють повітрю циркулювати. Регулярно моніторять умови зберігання за допомогою гігрометрів і термометрів. Дотримання цих вимог забезпечує збереження високої енергії проростання до наступного сезону [6].

Оцінка ефективності технології включає агрономічні та економічні показники. Серед агрономічних – схожість насіння, густина сходів, маса насіння з одиниці площі, вміст лікарських речовин. Економічні показники – собівартість виробництва, витрати на добрива, ЗЗР, водозабезпечення, технічне обслуговування. Аналізують рентабельність вирощування та порівнюють з альтернативними культурами. Визначають оптимальні пакети агротехнологічних заходів. Результати досліджень оформлюють у вигляді

агробізнес-планів і рекомендацій для виробників. Такий комплексний підхід забезпечує розвиток виробництва лікарського насіння.

Інновації в технології вирощування лікарських злаків стосуються застосування прецизійного землеробства. Використовують GPS-навігацію та датчики ґрунтової вологи для точного внесення добрив і води. Безпілотні літальні апарати здійснюють аерофотозйомку для контролю стану посівів. Роботизовані агрегати виконують міжрядні обробітки з високою точністю. Дані збираються в хмарному середовищі та аналізуються з використанням штучного інтелекту для прогнозування врожайності. Це дозволяє мінімізувати витрати та підвищити екологічну безпеку. Інтеграція інновацій поступово стає стандартом для великих агрокомпаній [9-10].

Екологічна складова передбачає мінімізацію хімічних навантажень на екосистему. Застосовують біологічні методи захисту: трихограму проти гусіней, ентомопатогенні грибки для захисту від ґрунтових шкідників. Використовують сидерати для підтримки родючості без мінеральних добрив. Випуск енкарзії та інших корисних комах для біоконтролю попелиць і цикадок. Обмежують застосування синтетичних ПАР до критичних фаз розвитку. Сухе збирання та очищення без пилу знижують забруднення повітря. Ці заходи сприяють сталому агровиробництву і покращують імідж продукції на ринку.

Соціально-економічні аспекти включають створення робочих місць у сільській місцевості та розвиток переробної інфраструктури. Виробництво лікарського насіння відкриває можливості для створення малих підприємств із сушіння, очищення та фасування. Розвиток кооперативів дозволяє об'єднати невеликі приватні фермерські господарства. Це підвищує їхню конкурентоспроможність на внутрішньому та зовнішньому ринках. Сприяє впровадженню додаткових послуг — лабораторних аналізів та агрономічного супроводу. Інвестиції в транспортну логістику знижують втрати при доставці до переробників. Усі ці фактори формують стійку економічну модель [7-9].

Підвищення якості насіння лікарських злаків досягається шляхом контролю на всіх етапах технології. Від ретельного добору сортів — до умов

зберігання — кожен крок впливає на кінцевий продукт. Сучасні методи аналізу біохімічного складу насіння дозволяють оцінити вміст алкалоїдів, флавоноїдів та інших цінних компонентів. Сертифікація партій за міжнародними стандартами (ISO, OECD) відкриває доступ на експортні ринки. Дотримання технології забезпечує однорідність параметрів насіння. Це підвищує довіру споживачів і лікарських виробників. Якісний насіннєвий матеріал стає конкурентною перевагою для господарств [5-9].

Освітні й консультаційні програми сприяють поширенню кращого досвіду вирощування лікарських злаків. Семінари, практикуми та онлайн-курси підвищують кваліфікацію агрономів і фермерів. Консультаційна підтримка включає створення агроцентрів з дослідними демо-ділянками. Тут випробовують нові сорти, агрегати і технологічні рішення в реальних умовах. Експериментальні дані поширюють через публікації в аграрній пресі та наукові журнали. Ці заходи сприяють швидкому впровадженню інновацій у виробництво [11].

Правове регулювання галузі включає державні програми підтримки виробників лікарських рослин. Фермери можуть отримувати дотації на купівлю насіння, техніки та обладнання для сушіння-очищення. Ліцензування переробних підприємств забезпечує контроль якості кінцевої продукції. Видають сертифікати на марки насіння та екстракти. Законодавство стимулює органічне виробництво та експорт. Гармонізація стандартів із ЄС сприяє інтеграції на міжнародні ринки [13].

Планування виробничого циклу розраховується на кілька років вперед через багаторічний характер багатьох лікарських злаків. Кожен рік включає: відбір репродукційного матеріалу, підготовку ґрунту, основні посіви, догляд та збирання. Харчові цикли змінюють відповідно до аналізу попиту та цінових трендів. Таке довгострокове планування дозволяє збалансувати об'єми виробництва з наявними потужностями сушіння та переробки. Воно також допомагає уникнути криз надвиробництва і падіння цін. Ефективне планування підвищує стійкість бізнесу.

Інвестиції в інфраструктуру – ключ до розвитку галузі на регіональному рівні. Будівництво сучасних складів з контролем кліматичних умов, сушильних камер і переробних ліній. Встановлення лабораторій для аналізу показників якості насіння. Розвиток транспортних коридорів для швидкої доставки в порти та логістичні центри. Це зменшує транзитні втрати та підвищує швидкість обігу продукції. Партнерства з науковими інститутами дозволяють впроваджувати передові наукові досягнення [1].

Таким чином, технологія вирощування лікарських злакових трав на насіння є багатофакторним процесом, що потребує інтегрованого підходу. Кожен елемент — від селекції до зберігання — впливає на якість і кількість одержаного насіння. Інноваційні методи і сучасне обладнання значно підвищують ефективність виробництва. Екологічні та економічні аспекти формують додаткову вартість продукту. Освітні, правові та інвестиційні заходи створюють сприятливе середовище для розвитку галузі. Дотримання науково обґрунтованих агротехнологій забезпечує стабільність вирощування і високу рентабельність. Такий підхід сприяє сталому розвитку фармацевтичної рослинництва [1].

РОЗДІЛ 2

МОДЕРНІЗАЦІЯ КОМБАЙНА СКІФ-310

2.1 Аналіз конструкцій молотильно-сепарувальних пристроїв зернозбиральних комбайнів

Зернові комбайни створювалися з урахуванням більшої пропускної спроможності з бильним молотильним апаратом. При цьому, хоча втрати зерна і вдалося скоротити, але пошкоджувальність збільшилася. Тому було виготовлено комбайни, робочі органи яких принципово відрізняються від наявних, як-от John Deer 9650 STS з аксіально-роторними молотильно-сепарувальними (МСУ) пристроями.

Комбайни з роторними МСУ пристроями мають більшу продуктивність, ніж із класичною схемою молотарки (при цьому в три-п'ять разів менше травмується зерно, і втрати в них так само нижчі). Поряд із низкою позитивних якостей, насамперед вищою продуктивністю, вони мають і низку недоліків: велика металоємність машин, що створює високе техногенне навантаження на ґрунт і призводить до його переущільнення та зниження врожайності в наступні роки; погана маневреність і непристосованість до збирання невеликих площ; висока енергоємність і вартість машин [8,11,17,18].

Тому на даний момент часу найбільшого розвитку в Україні набули комбайни з класичною конструкцією МСУ пристрою, в якому присутній пристрій з доопрацювання колосового вороху. Тобто в основній масі зерно вимолочується барабаном, а решта – за допомогою різноманітних пристроїв додаткового обмолоту.

Удосконаленню обробки колосової купи приділяється увага в практиці комбайнобудування як у нас у країні, так і за кордоном [10,11,14,19]. Існують численні винаходи, у яких запропоновано різноманітні конструкції пристроїв із доопрацювання колосового вороху. Існуючі схеми доробки вороху можна класифікувати за такими групами:

1. Пристрої для обмолоту колосового вороху основним барабаном.
2. Пристрої, що реалізують комбінований спосіб обмолоту колосового вороху.
3. Пристрої для обмолоту колосового вороху домолочувальним апаратом із подачею вороху на очищення, соломотряс або очищення і соломотряс одночасно.
4. Пристрої для обмолоту колосового вороху домолочувальним апаратом у єдиному потоці.

Як уже було зазначено, зернозбиральні комбайни не в змозі забезпечити повного вимолоту зерна з колосків.

У деяких конструкціях МСУ необмолочені колосся повторно спрямовують до молотильного апарата і додатково завантажують його, знижуючи при цьому пропускну здатність комбайна.

З метою зниження завантаження молотильного апарата А.П. Тарасенко [14] запропонував пристрій для доопрацювання колосового вороху, який дає змогу розділити його на дві частини (рисунок 2.1).

Він складається з поворотної заслінки та решета. Поворотна заслінка закріплена на осі й може займати два положення. Колосовий ворох шнеком 2 викидається на поворотну заслінку. Якщо заслінка встановлена в першому положенні, то ворох спрямовується на решето 3, де він розділяється на дві частини. Обмолочене зерно, що потрапило в колосовий ворох, і дрібні домішки просипаються крізь решето та надходять на соломотряс і очищення. Недомолочені колосся проходять через решето і подаються на бітер, який спрямовує масу на повторний обмолот. Виділення обмолоченого зерна та дрібних домішок до подачі вороху на повторний обмолот дає змогу зменшити дроблення зерна в 2 рази.

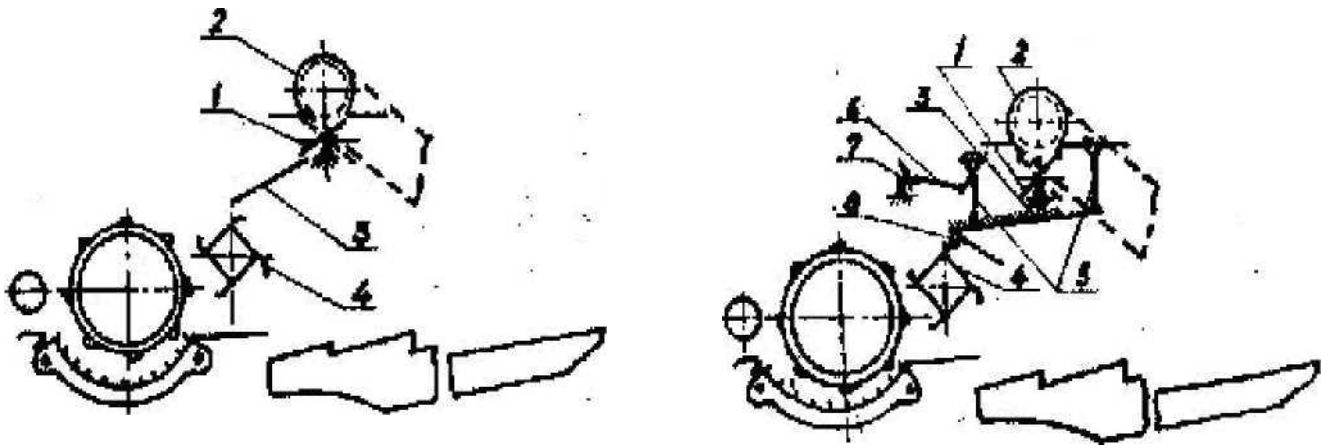


Рис. 2.1. – Пристрої для зміни напрямку подачі колосового вороху та його розділення: 1 – поворотна заслінка; 2 – колосовий шнек; 3 – решето; 4 – відбійний бітер; 5 – підвіски; 6 – шатун; 7 – кривошип; 8 – щиток.

До другої групи належить пристрій для додаткової переробки колосового вороху, що розміщений у спільному, з молотильним апаратом, кожусі та встановлений у верхній його частині під малим колосовим шнеком 1 (рис. 2.2), і виконаний у вигляді вальців, що зустрічно обертаються, 2 зі встановленою під ними поворотною заслінкою 3 і додатковою декою 5 бильного барабана.

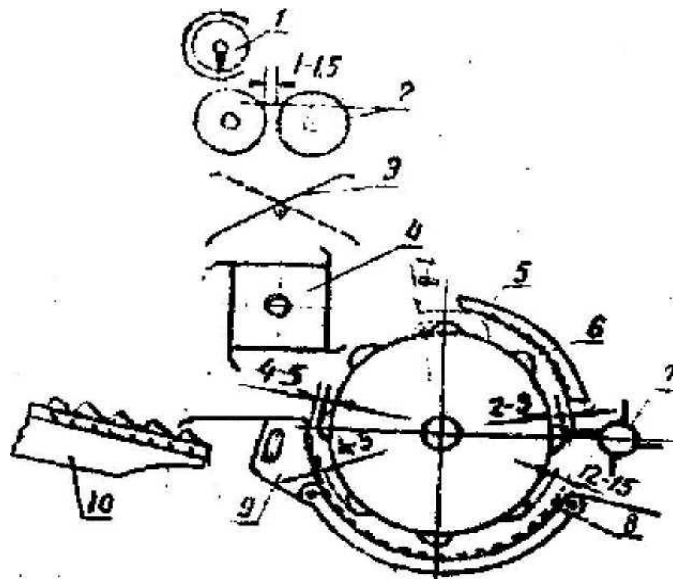


Рис. 2.2. Пристрій для комбінованого обмолоту колосового вороху: 1 - колосовий шнек; 2 – вальці; 3 – заслінка; 4 – відбійний бітер; 5 – додаткова дека; 6 – барабан; 7 – приймальний бітер; 8 – дека.

Цим пристроєм можна обробити ворох за трьома схемами. У першому випадку недомолочений продукт транспортувальними органами подається до малого колосового шнека 1, а потім - до вальців, що зустрічно обертаються, і додатково перетираються ними. Виділене зерно і солова по заслінці

спрямовуються в соломотряс. Друга і третя схеми застосовні за зволоженої хлібної маси. Перша схема належить до третьої групи домолочувальних пристроїв, коли ворох із домолочувального пристрою направляється на соломотряс. Перевага цієї схеми полягає в тому, що колосова купа не завантажує основний молотильний апарат. Недоліком є те, що за нормальної подачі хлібної маси до молотильного апарата, а також у разі надходження на соломотряс збільшеної кількості подрібненої соломи колосова купа додатково завантажує соломотряс. У результаті збільшуються втрати вільного зерна в соломі. До третьої групи пристроїв можна віднести й пристрій для роздільного збирання та обробки вороху, що надходить із соломотряса та очищення (рисунок 2.3).

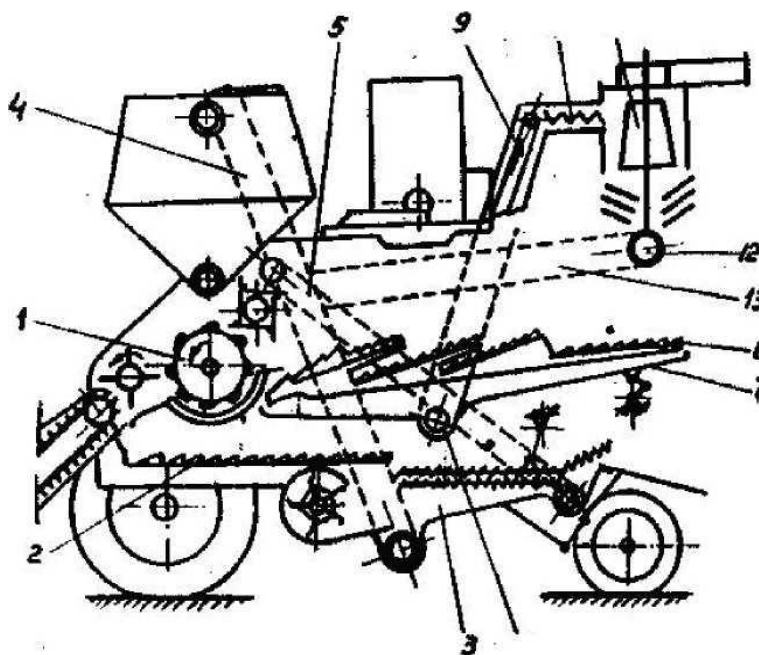


Рис. 2.3. Молотильно-сепарувальний пристрій: 1 – молотильний апарат; 2 – дошка; 3 – вітро-решітна очитка; 4 і 5 – елеватори; 6 – соломотряс; 7 – збірка дрібного вороху; 8 – транспортер; 9 – елеватор; 10 – приймальник; 11 – домолочувальний пристрій; 12 – приймач зерна; 13 – елеватор.

Більшість вищенаведених схем дає змогу знизити травмування зерна за рахунок м'якших, "щадніших" режимів роботи молотильного барабана (іншими словами, щоб зменшити травмування, вигідно знизити частоту обертання барабана). Тоді колосся не будуть обмолочуватися повністю. Так абсолютно "безпечна" окружна швидкість до 20 м/с, але вона не забезпечує обмолот. Тому

в практиці користуються частотою обертання, за якої і дроблення, і недомолот виходять відносно найменшими. А чи не можна для посівних цілей обмолочувати хлібну масу за малої частоти обертання барабана? Виявляється, можна.

Вченими науково-дослідного Інституту механізації та електрифікації сільського господарства було запропоновано подвійний обмолот двобарабанним молотильним апаратом. Перший барабан вимолочує зерно тільки із середньої частини. Воно через деку відводиться в перший бункер. Другий барабан домолочує колосся, у верхній і нижній частинах яких залишається менш цінне зерно, зазвичай дрібне і щупле, яке потім надходить у другий бункер.

Ця ідея була частково використана конструкторами Херсонського комбайнового заводу. У цьому комбайні застосовано двобарабанний МСУ пристрій. Тут перший барабан працює за зниженої частоти обертання та збільшених зазорів (частота обертання першого барабана має бути меншою за частоту обертання другого барабана на $200...300 \text{ хв}^{-1}$, а молотильні зазори на $3...4 \text{ мм}$ більші). Вимолочене, найцінніше зерно виходить через деку. Між барабанами діють проміжний бітер і сепаруюча решітка. Вони теж виділяють близько 5% зерна.

Другий барабан працює на жорсткому режимі. Це означає, що його частота обертання висока (наприклад, для пшениці $1050... 1200 \text{ хв}^{-1}$). Зазори між ним і деком малі – на виході $3...6 \text{ мм}$, на вході $15... 18 \text{ мм}$. Дека другого барабана сепарує від 15 до 20% зерна. Отже, на частку соломотряса припадає лише $5...10\%$, тобто менше, ніж в однобарабанному молотильному апараті. Це дало можливість укоротити клавіші.

Двобарабанний пристрій застосовано в комбайні Скіф-260 не для виділення біологічно найціннішого зерна. Тут було досягнуто таких цілей: зменшити механічне пошкодження зерна; збільшити продуктивність комбайна; мати можливість надійно прибирати вологі хліби.

2.2 Технологічний процес роботи комбайна

Технологічний процес роботи комбайна на прямому комбайнуванні відбувається таким чином (рис. 2.4).

Хлібна маса під час руху комбайна лопатями мотовила підводиться до різального апарата. Зрізані стебла планками мотовила укладаються на платформу жниварки, а потім шнеком переміщуються до центральної частини, де є пальчиковий механізм.

Пальчиковий механізм направляє їх до приймального бітера молотарки. Маса, що надійшла від бітера під перший молотильний барабан, проходить перший ступінь обмолоту. Перший барабан, відрегульований на меншу, ніж другий барабан, частоту обертання і більший проміжок між бичами та планками деки, вимолочує та сепарує через деку переважно найбільш стигле й крупне зерно.

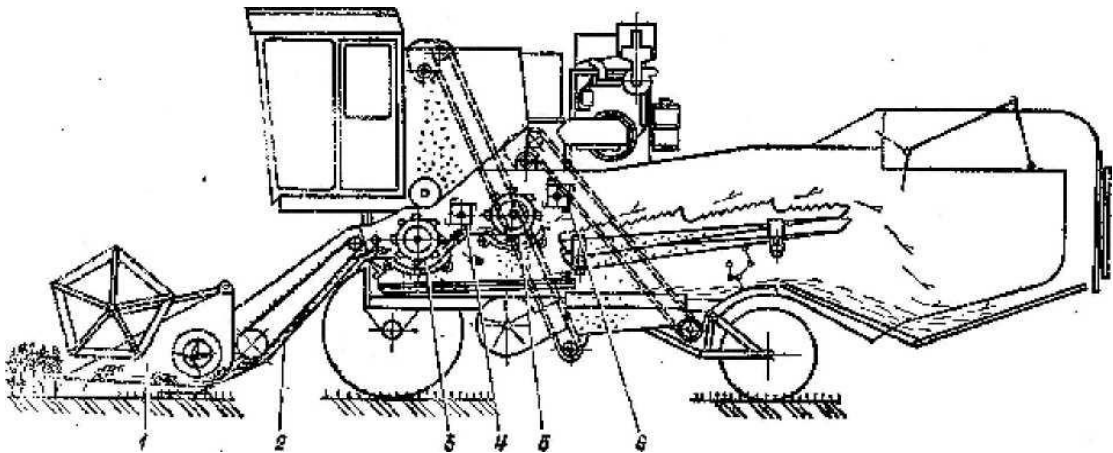


Рис. 2.4. Схема технологічного процесу роботи двобарабанного комбайна: 1 – корпус жатки; 2 – корпус похилої камери; 3 – перший барабан; 4 – проміжний бітер; 5 – другий барабан; 6 – відбійний бітер.

Із першого молотильного барабана хлібна маса спрямовується на проміжний бітер, який впливає лопатями на шар хлібної маси, виділяє через проміжну решітку отримане зерно та спрямовує шар не повністю обмолоченої хлібної маси в молотильний зазор другого барабана.

Другий барабан, відрегульований на більшу, ніж перший, частоту обертання і менший молотильний зазор, здійснює остаточний вимолот зерна з хлібної маси, виділення зерна через деку другого барабана.

Потім хлібна маса відбійним бітером подається на решітку другої деки і далі на соломотряс, де йде остаточне відділення зерна.

Соломистий ворох виноситься соломотрясом у подрібнювач, а зерновий ворох, що потрапляє на очищення через решічасті поверхні деки та соломотряса, складається з необмолоченого колосся, вільного зерна та незернових компонентів, збирається на струскій дошці очищення, подається на верхнє жалюзійне решето, де відбувається його розділення. Частина зерна просипається на нижнє решето очищення, а решта йде сходом на подовжувач. Необмолочене колосся через решето не просипається і надходить на подовжувач. На подовжувачі більша частина вільного зерна і необмолочених колосків просипаються і надходять у колосовий шнек, а зерно, що залишилося, йде сходом у подрібнювач і втрачається. На нижньому решеті зерно просипається і йде в зерновий шнек і далі в бункер, а невелика його частина сходом у колосовий шнек. Легковагі домішки виносяться повітряним потоком у подрібнювач. Маса, потрапляючи в колосовий шнек, транспортується ним у колосовий елеватор. Колосовим елеватором ворох, що складається з необмолочених колосків і вільного зерна, подається в домолочувальний пристрій, де колосся додатково обмолочується і потрапляє на повторне очищення.

Відмінність у конструкції модифікації комбайна "Єнісей-1200-1НМ" полягає лише в тому, що він має лише один барабан (який обертається з частотою близькою до частоти обертання другого барабана "Єнісей-1200"), а відтак соломистий оберемок потрапляє з нього безпосередньо на подовжені клавіші соломотряса.

У зв'язку з недоліками вищевказаних способів пропонується розділити зерно, що отримується від обмолоту основним барабаном і домолочувальним пристроєм, шляхом виділення необмолоченого колосового вороху в причіп.

2.3 Опис запропонованої конструкції

Пропонований комбайн призначений для роботи на насіннєвих ділянках і отримання насіннєвого матеріалу лікарських, зернових, зернобобових і круп'яних культур. Зміни в конструкції, порівняно з базовою, полягають у такому:

- у комбайні встановлено колосовий шнек, аналогічний базовому, але з протилежною навівкою (лівою). Він приводиться в рух ланцюгом колосового елеватора, що працює "вхолосту".

- на вихідному отворі колосового шнека встановлений вентилятор, що транспортує масу, яка виходить із колосового шнека колосопроводом у причіп 2ПТС-4М, агрегатований із комбайном. Конструктивно вентилятор складається зі звареного корпусу, крилача вентилятора, встановленого на валу підшипникової опори, яка зі свого боку приєднується до передньої (знімної) кришки корпусу вентилятора за допомогою болтового з'єднання. Зняття передньої кришки дає змогу легко провести очищення вентилятора в разі його забивання.

- вентилятор приводиться в рух за допомогою пасової передачі від заднього контрприводного вала, але не безпосередньо, а через проміжний контрприводний вал. Контрприводний вал кріпиться до рами комбайна за допомогою пластини з прорізами, що дають змогу регулювати його положення, тобто він є натяжним пристроєм для ременів.

- для приводу вентилятора змінено також конструкцію шківа, встановленого на задньому контрприводному валу. Замість однострумкового шківа встановлений двострумковий, з різним розрахунковим діаметром струмків.

Переобладнання комбайна складається з таких операцій:

- 1) оскільки ворох подаватиметься в правий бік, то змінюється конструкція правого підшипникового вузла, тобто встановлюється новий

корпус правого підшипника для вала колосового шнека, а старий разом із фланцем видаляється за допомогою зварювальних і слюсарних операцій.

2) встановлюється двострумковий шків на вал заднього контрприводу;

3) виймається шнек з правою навивкою і на його місце встановлюється шнек з лівою навивкою; на виході колосового шнека встановлюється

4) корпус вентилятора, який кріпиться за допомогою болтових з'єднань до рами комбайна;

5) встановлюється труба колосопроводу, яка так само кріпиться болтами до вихідного отвору корпусу вентилятора і до подрібнювача;

6) до рами комбайна кріпиться опорна плита контрпривода вентилятора, на ній кріпиться стійка з прорізами, що дають змогу змінити положення контрпривода вентилятора відносно вала вентилятора і заднього контрпривода і тим самим регулювати натягнення ременів;

7) проводиться встановлення ременів і регулювання їх натягу.

Надалі комбайн може використовуватися на обмолоті зерна не для насінневих цілей. Для цього проводиться зворотне переобладнання, під час якого приводні ремені вентилятора знімаються і шнек змінюється на стандартний.

У зв'язку з вищенаведеними, конструктивними змінами, в технологічному процесі так само відбуваються такі зміни:

1) колосовий шнек з лівою навивкою замість подачі вороху в елеватор (тобто в лівий бік), спрямовує його в протилежний (правий) бік, у порожнину завантаження вентилятора.

2) вентилятор, обертаючись із великою швидкістю, повітряним потоком виносить недомолочене колосся, вільне зерно та інші рештки трубою колосопроводу в причеплений до комбайна причіп 2ПТС-4М.

3) після наповнення причіп 2ПТС-4М відчіплюється і причіплюється порожній.

РОЗДІЛ 3

РОЗРОБКА ОПЕРАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ЗБИРАННЯ ЛІКАРСЬКИХ ЗЛАКОВИХ ТРАВ НА НАСІННЯ

Розробка операційної технології збирання лікарських злакових трав на насіння комбайном «Скіф-310» починається з детального аналізу ботанічних особливостей культур. Необхідно врахувати висоту та міцність стебел, ступінь вузьколистості та особливості колосків, аби підібрати оптимальні налаштування жатки та висоту зрізу. Висота зрізу визначає залишок поживної маси на полі та впливає на механічні втрати насіння під час жатви. Стан вологості стебел і насіння безпосередньо впливає на ступінь забивання жатки та прохідність машини. Для лікарських злаків характерна підвищена ламкість стебел у період повної стиглості, тому важливо адаптувати оберти барабана молотарки під конкретний вид культури. Крім того, коливання вологості насіння в межах 14–20 % потребують регулювання швидкості руху комбайна для мінімізації втрат. В умовах нерівномірного восковидного нальоту на колосках слід передбачити коригування простору між молотильними елементами. Таким чином, ботанічний аналіз є основою точного налаштування агрегатів «Скіф-310» [6].

Наступним етапом є підготовка техніки «Скіф-310» до роботи. Проводять перевірку стану жатки з шириною зрізу 4,2 м та регулюють висоту зрізу за допомогою гідравлічної системи. Перевіряють натяг ременів приводу молотильного барабана і змінюють їх за наявності ознак зносу. Очищають і змащують підшипники жатки та молотильного апарата відповідно до регламенту обслуговування. Налаштовують оберти молотильного барабана в межах 650–850 об/хв залежно від жорсткості стебел і розмірів колосків. Перевіряють стан решітного поверху: очищають сита і встановлюють зазори відповідно до рекомендованих виробником значень. За потреби замінюють гідравлічні та пневматичні шланги для запобігання витокам. Проводять

пробний прогін на полі для верифікації налаштувань і контролю втрат на розвороті жатки [8].

Для забезпечення оптимального захвату уражених або тонких стебел лікарських трав застосовують додаткові щитки в передній частині жатки. Ці щитки направляють стебла до ножів та зменшують їх пропуск крізь барабан. Встановлюють ґратчасті напрямні для підтримки міцної соломи перед входом до молотильного апарата. Ніж жатки обладнано подвійним способом зрізу, що знижує утворення пеньків та тріщин стебел. Для культур із хрящуватими стеблами (наприклад, адоніс, злаки з флавоноїдами) підбирають збільшений крок ножів. Це дозволяє зменшити навантаження на привод жатки та уникнути зривів рослин. Паралельно контролюють стан приводних зірочок і направляючих ланцюгів. Правильне налаштування захвату підвищує продуктивність і знижує втрати.

Молотильний апарат «Скіф-310» складається з барабана діаметром 600 мм та довжиною 1400 мм. Для лікарських трав необхідно коригувати кількість пальців (не менше 16) та їх розташування для рівномірного відбиття насіння. Оберти барабана визначаються залежно від інтенсивності рубання колоскових обклепків. Занадто висока швидкість призводить до надмірного дроблення соломи та забивання решіт, натомість низька — до неповного обмолоту. Важливо забезпечити зазор між барабаном і продумом у межах 8–12 мм. Пальці молотильного апарата мають бути увігнуті для плавного відокремлення зерна від колоскової луски. Застосування підтримувальних коліс під барабаном зменшує навантаження на опори. Налаштування молотильного апарата — ключ до збалансованої роботи без перевантажень.

Система обмолоту оснащена двома секціями сепарації на основі решітного та повітряного способу очистки. Для обробки лікарських трав обирають дрібнюваті ситові полотна з отворами діаметром 2,5–3 мм, що дозволяє відокремити дрібніше насіння від соломи. Перший етап обмолоту — груба очистка за допомогою нерівних колосових пластин; другий — тонка сита із можливістю регулювання нахилу до 15°. Потік повітря регулюють за

допомогою вентилятора продуктивністю 8 000 м³/год. Змінюючи швидкість вентилятора, можна підтримувати оптимальне співвідношення потоку повітря й маси зерна. Очищене насіння потрапляє до бункера ємністю 4 000 л, а підсепниковий простір збирає солом'яні домішки.

Швидкість руху комбайна у фазі обмолоту встановлюють у межах 2–3 км/год залежно від густоти стояння та вологості насіння. На ділянках із нерівномірним заростанням слід зменшувати швидкість до 1,5 км/год, щоб уникнути пропусків і нерівномірного обмолоту. На прямолінійних ділянках швидкість може бути підвищена до 4 км/год за умови якісного зрізу і низької вологості. Показники швидкості контролюються за допомогою тахографа та GPS-модуля в кабіні. Умова стабільної швидкості дозволяє підтримувати рівномірне завантаження молотильного апарата. Невеликі коригування швидкості сприяють мінімізації втрат насіння. Відпрацьовані методики регулювання швидкості підвищують продуктивність агрегату.

Моніторинг втрат насіння здійснюють під час руху комбайна за допомогою смугових карток і ручного збирання втрат на контрольних смугах довжиною 10 м. Після проходження комбайна оператор вимірює кількість насіння на землі в межах заданої ширини захвату. Результати заносять до інструкційного журналу та коригують налаштування жатки або барабана. Оптимальний рівень втрат не повинен перевищувати 4 % від врожаю. Якщо втрати перевищують 6 %, слід негайно зупинити роботу та провести переналаштування. Система самодіагностики «Скіф-310» сигналізує про критичні навантаження і можливі забивання. Регулярна перевірка втрат забезпечує високу якість збирання.

Підготовка поля до збирання включає зрізання крайових смуг на ширину 5–10 м для розгону та зупинки комбайна. Ці смуги використовують для обкатки агрегату та коригування налаштувань у польових умовах. Зерно контрольних смуг аналізують на вологість і чистоту. За результатами роблять поправки до налаштувань молотильного апарата та системи сепарації. Крайові смуги також допомагають оцінити наявність нерівностей рельєфу та можливість застрягання

агрегату. Своєчасна діагностика поля знижує ризик простоїв і поломок. Цей етап є невід'ємною частиною ефективної операційної технології.

Особлива увага приділяється контролю вологості насіння в ході збирання. Використовують вбудований в «Скіф-310» датчик вологості, що вимірює показник безпосередньо в потоці зерна. Якщо вологість перевищує 18 %, комбайн автоматично зменшує швидкість руху та підвищує оберти барабана для кращого відділення зерна. У разі надмірної вологості оператору рекомендується переключитися на охолоджувальну систему бункера. Температурний контроль запобігає ураженню насіння грибковими хворобами. Мінімальна допустима вологість для збирання — 12 %. Дотримання цих параметрів забезпечує збереження енергії проростання та якості насіння.

У процесі роботи комбайна «Скіф-310» важливо контролювати зношення молотильних елементів. Пальці барабана та решета перевіряють кожні 50 мотогодин роботи. За зносом більше ніж 15 % їх підлягають заміні. Регулярне шліфування поверхні барабана сприяє рівномірному зусиллю на стебло. Зношені елементи призводять до збільшення втрат насіння і підвищеного енергоспоживання. Відмова від своєчасного технічного обслуговування може спричинити аварійні зупинки. Застосування оригінальних запчастин від виробника «Скіф-310» гарантує довгий ресурс агрегату. Документування обслуговування ведеться в електронному журналі машини.

Транспортування зібраного насіння з поля до місця первинної обробки здійснюється за допомогою причепів із бортовими стінками. Важливо забезпечити рівномірне завантаження причепа, щоб уникнути підрулювання та просипання зерна під час руху. При перевезенні на відстань понад 5 км рекомендується використовувати брезентове накриття для захисту від пилу та дощу. Температура зерна в причепі контролюється переносними датчиками. При виявленні температурного підвищення понад 30 °C зерно охолоджують. Оптимальна температура зберігання до обробки — 15–20 °C. Своєчасне перевезення мінімізує ризики втрати якості.

Після прийому на підприємстві первинна очистка зібраного насіння виконується в стаціонарних сепараторах. Застосовуються комбінації сит із різними отворами, аспіраційні канали та електростатичні фільтри для видалення пилу та дрібних домішок. Швидкість подачі зерна регулюють, щоб уникнути перенавантаження сепаратора. Перевіряють показники вологості та температури перед подачею в сушильні камери. Комплексна очистка знижує вміст домішок до менше ніж 2 %. Очищене насіння пакують у мішки по 50 кг із подальшою маркіровкою партій.

Сушіння насіння лікарських злакових трав здійснюють у шахтних сушарках із постійним обдувом гарячим повітрям. Температура сушіння не перевищує 40 °C, щоб не втратити біологічно активні речовини. Тривалість сушіння залежить від початкової вологості та може коливатися від 12 до 24 годин. Провітрювання зерна після сушіння необхідне для вирівнювання вологості в партії. Показник остаточної вологості повинен бути 8–10 %. Контроль здійснюють через кожні 4 години сушіння. Правильне сушіння забезпечує збереження властивостей лікарської сировини.

Маркіровка та пакування насіння проводяться з урахуванням вимог ДСТУ та міжнародних стандартів. Кожний мішок отримує етикетку з найменуванням культури, датою збирання, показниками вологості та партійним номером. Використовують герметичні поліпропіленові мішки для довготривалого зберігання. У разі експорту на зовнішні ринки додають сертифікати якості та фітосанітарні свідоцтва. Пакети зберігають у штабелях не вище ніж у чотири ряди для запобігання деформації. Температурний режим складу підтримується на рівні 0–5 °C. Дотримання маркувальних норм підвищує довіру покупців.

Проведення навчання операторів комбайна «Скіф-310» відіграє важливу роль у реалізації розробленої операційної технології. Організують теоретичні заняття з особливостей налаштування агрегатів для лікарських злаків. Практичні тренінги проходять безпосередньо на дослідних ділянках. Оператори навчаються проводити самодіагностику та аналіз втрат. Відпрацьовують

процедури швидкого технічного обслуговування в польових умовах. Зворотний зв'язок дозволяє вдосконалити інструкції та методики. Професійна підготовка підвищує ефективність і знижує ризик помилок.

Управління процесом збирання реалізується через сучасну автоматизацію «Скіф-310». Використовують бортовий комп'ютер для контролю основних параметрів: обертів барабана, швидкості руху, втрат, вологості насіння. Система GPS дозволяє точно фіксувати пройдений шлях та будувати карти врожайності. Дані передаються в агроконтрольний центр у режимі реального часу. Аналітика допомагає приймати рішення про коригування агротехнології наступних кампаній. Автоматизація зменшує людський фактор і врівноважує операційну дисципліну.

Економічний розрахунок операційної технології показує прийнятну рентабельність за умови врожайності не менше ніж 1,2 т/га чистого насіння. Витрати включають амортизацію комбайна, паливо, мастильні матеріали, зарплату операторів та обслуговуючого персоналу. Вартість операцій на гектар становить приблизно 1 200 UAH. За реалізаційної ціни насіння 20 000 UAH/т отримуємо рентабельність понад 50 %. Враховують також витрати на первинну очистку та сушіння. Аналіз чутливості показує, що зростання вартості пального до 10 % знижує рентабельність на 3 %. Виконання технології з урахуванням цих показників забезпечує економічну стабільність.

Екологічна оцінка технології включає мінімізацію втрат органіки на полі та зниження навантаження ЗЗР. Використання точних налаштувань жатки та барабана зменшує утворення дрібних решток, що можуть послужити середовищем для розвитку патогенів. Впровадження аспіраційних систем з очищенням повітря в кабіні оператора підвищує комфорт і безпеку. Своєчасне збирання за оптимальної вологості знижує емісію вуглецю при сушінні зерна. Майстерня технічного обслуговування оснащена мобільним флотом для швидкого виїзду на поле, що зменшує простой. Комплексний підхід сприяє сталому розвитку агровиробництва.

Документування та стандартизація операційної технології відбувається через створення технологічних карт і маршрутних листів. Кожен етап збирання описується з чіткими параметрами — налаштування жатки, барабана, решіт, швидкості руху. Вказуються критичні точки контролю: втрата насіння, вологість, стан техніки. Технологічні карти погоджують з агрономічною службою та оператором. На їх основі формують протоколи випробувань і рекомендації для повторного використання. Стандартизація забезпечує відтворюваність технології на різних полях.

Після завершення кампанії проводять аналіз зібраних даних за показниками врожайності, витрат і втрат. Порівнюють отримані результати з плановими показниками технологічних карт. Визначають вузькі місця та можливості для оптимізації. Перезапускають цикл вдосконалення методик на основі отриманих уроків. Такий підхід дозволяє постійно підвищувати ефективність збирання лікарських злакових трав комбайном «Скіф-310».

Розрахунок операційно-технологічної карти представлено в додатку А.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Аналіз існуючих технологій та технічних засобів для збирання насіння лікарських злакових трав показав, що наявні комбайни та їхні молотильно-сепарувальні пристрої не повною мірою відповідають специфічним вимогам цих культур. Зокрема, виявлено проблеми, пов'язані з високими втратами насіння, його пошкодженням та засміченістю, що знижує якість та економічну ефективність збирання.

Розроблено та обґрунтовано теоретичні передумови для модернізації молотильно-сепарувального пристрою. Встановлено закономірності взаємодії робочих органів з ворохом лікарських злакових трав, що дозволило визначити оптимальні конструктивні та режимні параметри для мінімізації пошкодження насіння та підвищення ефективності сепарації.

Сформульовано основні принципи та напрямки модернізації молотильно-сепарувального пристрою, спрямовані на підвищення його ефективності. Запропоновано конкретні технічні рішення, що стосуються вдосконалення молотильного апарату, системи сепарації та очистки, а також оптимізації їхніх робочих режимів.

Оцінка потенційної ефективності запропонованих рішень показала, що модернізація молотильно-сепарувального пристрою комбайна дозволить істотно знизити втрати насіння лікарських злакових трав, збільшити його якість (схожість, чистоту) та підвищити продуктивність збиральних робіт. Це, у свою чергу, призведе до значного економічного ефекту для сільськогосподарських підприємств, що займаються вирощуванням та збиранням лікарської сировини.

Практичне значення роботи полягає в тому, що її результати можуть бути використані при розробці та впровадженні нових або модернізації існуючих комбайнів для збирання насіння лікарських злакових трав. Запропоновані технічні рішення та рекомендації сприятимуть розвитку галузі вирощування лікарських рослин, забезпечуючи потреби фармацевтичної промисловості якісним насіннєвим матеріалом.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Адамчук В. В. Механізація сільськогосподарського виробництва. Київ : Аграрна освіта, 2018. 450 с.
2. Бабич А. В. Енергетична оцінка робочих органів зернозбиральних комбайнів. Вінниця : ВНАУ, 2017. 210 с.
3. Бондар М. В. Аналіз динаміки робочих процесів молотильного апарату. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Сільськогосподарські машини. 2019. Вип. 200. С. 105–111.
4. Вайсфельд О. С. Сучасні методи обмолоту та сепарації зерна. Львів : СПОЛОМ, 2020. 300 с.
5. Гевко Б. М. Теорія, конструкція та розрахунок сільськогосподарських машин. Тернопіль : ТНТУ ім. Івана Пулюя, 2016. 612 с.
6. Дацишин О. В. Вплив конструктивних параметрів молотильно-сепарувального пристрою на якість насіння соняшнику. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Техніка та енергетика АПК. 2021. Вип. 336. С. 89–96.
7. Борак К. В. Комплексний підхід підвищення довговічності та зносостійкості робочих органів ґрунтообробних машин : дис. ... д-ра. техн. наук : 05.05.11 / Поліський національний університет, м. Житомир. 2021. 380.
8. Державний стандарт України ДСТУ 8302:2015. Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання. Київ : УкрНДНЦ, 2015. 16 с.
9. Дмитренко Л. М. Основи розрахунку сільськогосподарських машин. Полтава : ПДАА, 2019. 280 с.
10. Довідник агронома. Київ : Урожай, 2018. 720 с.
11. Жулай В. А. Оптимізація режимів роботи молотильно-сепарувальних пристроїв комбайнів. Техніка АПК. 2020. № 3. С. 34–38.

12. Закон України "Про лікарські засоби" від 04.04.1996 № 123/96-ВР. Відомості Верховної Ради України. 1996. № 22. Ст. 86.
13. Іващенко І. А. Дослідження процесу сепарації дрібнонасінневих культур. Київ : НАУ, 2021. 195 с.
14. Коваленко В. В. Машина для збирання зернових і круп'яних культур. Харків : ХНТУСГ ім. Петра Василенка, 2019. 380 с.
15. Кожушко Ю. О. Теоретичне обґрунтування параметрів молотильного апарату для обмолоту насіння лікарських рослин. Наукові праці Вінницького національного аграрного університету. Серія: Технічні науки. 2020. Вип. 4(110). С. 165–170.
16. Кузнецов М. П. Модернізація сільськогосподарської техніки. Київ : Аграрна наука, 2018. 350 с.
17. Мельник П. І. Зернозбиральні комбайни: конструкція та теорія. Тернопіль : ТНТУ ім. Івана Пулюя, 2020. 415 с.
18. Пат. 125432 Україна, МПК А01F 7/00 (2017.01). Молотильно-сепаруючий пристрій зернозбирального комбайна / Мельник П. І., Петренко О. С., Іванов В. В. ; заявник і патентовласник Національний університет біоресурсів і природокористування України. № u201708765 ; заявл. 18.08.2017 ; опубл. 26.03.2018, Бюл. № 6.
19. Петренко О. С. Оцінка ефективності роботи молотильно-сепарувального пристрою за різних режимів. Агроінженерія. 2022. № 1. С. 45–50.
20. Борак К. В., Куликівський В. Л. Матеріалознавство та технологія конструкційних матеріалів. Ч. 1: Теоретичні основи матеріалознавства : навч. посіб. Житомир : Поліський нац. ун-т, 2024. 101 с.
21. Романенко В. Я. Машина для збирання зернових культур. Київ : Центр навчальної літератури, 2021. 320 с.
22. Савченко Д. С. Втрати насіння лікарських трав при механізованому збиранні та шляхи їх зменшення. Вісник аграрної науки. 2019. № 11. С. 78–82.

23. Тищенко Л. А. Технології збирання лікарських рослин. Умань : УНУС, 2020. 180 с.
24. Ткачук В. П. Дослідження процесу сепарації вороху зернозбиральними комбайнами. Науковий вісник Ужгородського національного університету. Серія: Аграрні науки. 2021. Вип. 2(48). С. 101–106.
25. Харитонов І. М. Механізовані комплекси для вирощування та збирання зернових культур. Київ : Інтерсервіс, 2017. 400 с.
26. Чумак П. І. Машини та обладнання для післязбиральної обробки зерна. Одеса : ОДАУ, 2018. 260 с.
27. Швець І. М. Особливості обмолоту та сепарації насіння лікарських рослин. Львів : ЛНАУ, 2019. 220 с.