

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

Бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Підвищення ефективності використання протруювача насіння з
удосконаленням шнекового конвеєра

Виконав(ла): студент(ка) 4 курсу, групи МГс
спеціальності

208 Агроінженерія

(шифр і назва спеціальності)

Гайдамаха В.О.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Малевич Н.Ю.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Сташків М.Я.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

Бабій А.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)
Кафедра технічної механіки та сільськогосподарських машин
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Бабій А.В.
(прізвище та ініціали)
« » 20__ р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 208 Агроінженерія
(шифр і назва спеціальності)

студенту Гайдамасі Василю Олеговичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Підвищення ефективності використання протруювача
насіння з удосконаленням шнекового конвеєра

Керівник роботи Малевич Назар Юрійович, к.е.н., асистент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «22» 01 2025 року № 4/7-25

2. Термін подання студентом завершеної роботи 23.06.2025

3. Вихідні дані до роботи:
Самопересувна автоматична машина; продуктивність протруювача - 5 т/год;
повна маса - 400 кг; місткість бака для суспензії - 170 л;

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ. 1. Роль протруювання при передпосівній обробці насіння.

2. Рекомендації з покращення технології протруювання насіння

3. Проектна частина.

4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.

Загальні висновки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

Мета і завдання дослідження; Протруювач насіння шнековий ПСШ-5; Шнек гнучкий;

Протруювач насіння шнековий ПСШ-5. Схема технологічна; Модульний гвинтовий

конвеєр; Механізм натягу; Загальні висновки.

6. Консультанти розділів роботи

[illegible]

7. Дата видачі завдання

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

[illegible]

Студент

(підпис)

Гайдамаха В.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Малевич Н.Ю.

(прізвище та ініціали)

Реферат

Мета і завдання дослідження – підвищити продуктивність протруювача при удосконаленні шнекового конвеєра.

Мета досягається шляхом модернізації системи вивантаження протруювача та при використанні гнучкого конвеєра.

Мета реалізовується при вирішенні наступних завдань:

розглянуто питання до протруювання і скарифікації насіння: значення, ефективність, технічні засоби;

вивчено характеристики базової конструкції протруювача ПСШ-5, агротехнічні й техніко-економічні вимоги;

проведено обґрунтування ідеї вдосконалення;

проведено розрахунок гнучкого шнекового конвеєра;

виконано розрахунок гвинтової лопаті на міцність;

розраховано натяжний механізм шнека;

виконано розрахунок ланцюгової передачі приводу.

Об'єктом дослідження – технологічний процес протруювання та завантаження протруєного насіння.

Предмет дослідження – система вивантаження протруєного насіння.

Практичне значення – виконане удосконалення протруювача має практичне значення, що полягає у підвищенні ефективності завантажувальних робіт готової продукції

Робота складається з вступу, чотирьох розділів, використаної літератури та додатків.

Ключові слова. Протруювач, види протруювання, хімічний захист, гнучкий шнек, продуктивність, ланцюгова передача, технологічний процес.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1 РОЛЬ ПРОТРУЮВАННЯ ПРИ ПЕРЕДПОСІВНІЙ ОБРОБЦІ НАСІННЯ	6
1.1 Народногосподарське значення зернових культур і необхідність протруювання.....	6
1.2 Протруювання і скарифікація насіння: значення, ефективність, технічні засоби.....	11
1.3 Характеристика базової конструкції протруювача ПСШ-5, агротехнічні й техніко-економічні вимоги	13
1.4 Огляд конструкцій машин-аналогів	16
2 РЕКОМЕНДАЦІЇ З ПОКРАЩЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПРОТРУЮВАННЯ НАСІННЯ	20
2.1 Обґрунтування ідеї вдосконалення	20
2.2 Розрахунок гнучкого шнекового конвеєра	22
2.3 Розрахунок гвинтової лопаті на міцність.....	24
3 ПРОЄКТНА ЧАСТИНА	28
3.1 Розрахунок натяжного механізму шнека	28
3.2 Розрахунок шпонкового з'єднання	32
3.3 Розрахунок ланцюгової передачі приводу.....	34
4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ.....	39
4.1 Вимоги безпеки життєдіяльності при протруюванні насіння шнековими протруювачами.....	39
4.2 Заходи щодо зменшення негативного впливу агрохімікатів на навколишнє середовище	42
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	45
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	47

ВСТУП

Нині наша держава перебуває на одному з найважливіших етапів свого розвитку – етапі становлення. Проте цей процес ускладнюється низкою факторів, серед яких вагоме місце посідають проблеми в агропромисловому комплексі, зокрема в його основній ланці – землеробстві.

Сьогодні рівень розораності сільськогосподарських земель досяг майже 80%, що є найвищим показником у світі. Інтенсивне землеробство, яке використовується в таких умовах, призводить до поступової деградації ґрунтового покриву. Основною причиною цього негативного явища виступає недосконалість ґрунтообробної техніки та недоцільні технологічні підходи. Аналіз складу наявного парку ґрунтообробних машин свідчить про відсутність системного підходу до їхнього виробництва. Деяких типів техніки існує надлишок, тоді як інших – бракує.

Варто пам'ятати, що високі й стабільні врожаї сільськогосподарських культур можливі лише за умови використання високоякісного насіннєвого матеріалу. Насіння несе в собі як біологічні, так і фізико-механічні властивості майбутніх рослин, тому чим вища його якість – тим кращий урожай можна отримати. Одним із ключових етапів підготовки насіння до висіву є передпосівна обробка, яка включає скарифікацію та протруювання. Ці технологічні процеси передбачають обробку поверхні насінини спеціальними препаратами, які стимулюють розвиток рослини, підвищують її стійкість до хвороб і сприяють кращому проростанню.

Протруювання насіння виконується з метою забезпечення його захисту, а також захисту проростків, від широкого спектра хвороботворних організмів. Окрім цього, дана процедура сприяє активізації ростових процесів у рослинах. У випадку застосування спеціалізованих інсектицидів, протруювання також надає ефективний захист від шкідників, зокрема тих, що живляться соками молодих паростків.

1 РОЛЬ ПРОТРУЮВАННЯ ПРИ ПЕРЕДПОСІВНІЙ ОБРОБЦІ НАСІННЯ

1.1 Народногосподарське значення зернових культур і необхідність протруювання

Сучасні економічні умови, що склалися в аграрному секторі, стимулюють господарства до вузької спеціалізації у виробництві сільськогосподарської продукції. Такий підхід дозволяє ефективніше використовувати обмежений технічний ресурс і досягати високих врожаїв при оптимізації витрат. Окрім цього, спеціалізація сприяє концентрації матеріальних ресурсів та машин у конкретних технологічних процесах, що підвищує ефективність виробництва.

Серед зернових культур ячмінь посідає особливе місце як одна з найдавніших і найбільш поширених зернофуражних культур. У групі культур зернофуражного напрямку (ячмінь, овес, кукурудза) саме ячмінь займає провідну позицію, охоплюючи до 65–70% посівних площ та близько 25% загальної площі зернових у країні. Ця культура є ключовим компонентом у забезпеченні тваринництва концентрованими кормами.

Основне призначення ячменю — задовольнити потреби тваринництва, особливо в умовах великих промислових ферм, де використання інших видів кормів є менш доцільним або технічно складним.

Інтенсивна технологія вирощування ячменю передбачає створення оптимальних умов для реалізації його потенційної врожайності. До таких умов належить використання високопродуктивних сортів, стійких до вилягання, дотримання агротехнічних строків, правильна організація посіву, застосування мінеральних добрив та засобів хімічного захисту рослин.

Ключовим елементом ефективного вирощування є дотримання балансу поживних речовин у ґрунті, відповідність їх споживання фазам розвитку культури, а також врахування таких факторів, як температурний режим, вологість, хімічний склад і структура ґрунту.

Одним із обов'язкових етапів у технологічному процесі вирощування зернових, зокрема ячменю, є передпосівна обробка насіння — зокрема, протруювання, яке забезпечує захист культури на ранніх етапах розвитку й сприяє підвищенню врожайності.

Ячмінь вирізняється коротким вегетаційним періодом, а також відносно слабкою засвоювальною здатністю кореневої системи. Ці особливості зумовлюють підвищені вимоги рослини до родючості ґрунтів, особливо на початкових фазах розвитку, коли спостерігається найактивніше споживання поживних елементів.

Значну роль у врожайності відіграє сортова різноманітність. В Україні офіційно районовано 24 сорти ярого ячменю, що дозволяє підібрати найбільш придатний варіант з урахуванням конкретних ґрунтово-кліматичних умов.

Агротехнічні умови, зокрема вибір попередника, ґрунт, режим живлення, мають значний вплив на якісні характеристики зерна ячменю. Дослідження, проведені Інститутом землеробства і тваринництва західного регіону України, показали, що за три роки вирощування ячменю після цукрових буряків забезпечувало такі показники: вирівняність зерна – 78,3%, вміст крохмалю – 61,4%, білка – 9,6%. Натомість, вирощування після кукурудзи та картоплі давало нижчі показники вирівняності (66,3% та 59,6%), крохмалю (58,2% і 58,3%), але вищий вміст білка (10,9% і 11,2%).

Ці дані свідчать, що цукровий буряк і кукурудза є кращими попередниками ярого ячменю на дерново-карбонатних ґрунтах, тоді як картопля краще підходить для легких дерново-підзолистих ґрунтів.

Основне завдання ґрунтообробки полягає у створенні сприятливих умов для росту і розвитку рослин, збереженні та покращенні родючості ґрунту, а також захисті його від водної та вітрової ерозії. У рамках інтенсивної технології вирощування ячменю використовують зяблеву оранку та передпосівний обробіток ґрунту. Їх строки визначаються на основі типу ґрунту, попередника, засміченості поля та кліматичних умов.

Після озимої пшениці рекомендується покращений зяблевий обробіток, що включає: лушення стерні дисковими лушильниками ЛДГ-10 (6–8 см), повторне лушення лемішними агрегатами ППЛ-10-25 (у жовтні на 10–12 см) та зяблеву оранку плугами ПЛН-3-35, ПЛН-5-35 на глибину 20–22 см. Якщо попередником була кукурудза, поле обробляють важкими дисковими боронами БДТ-3 або БДТ-7 на 12–15 см у два проходи, а далі — ярусними плугами ПЯ-3-35 або ПНЯ-4-40 на глибину 25–27 см.

Для зменшення кількості весняних обробітків доцільно використовувати комбіновані агрегати типу РВК-3,6, РВК-5,4, які дозволяють одночасно виконати боронування, культивуацію та сівбу.

Ячмінь є культурою, що має підвищені вимоги до поживних речовин. Для формування 1 ц зерна та відповідної кількості соломи необхідно в середньому 2,7 кг азоту, 1,1 кг фосфору та 2,4 кг калію. Застосування мінеральних добрив, особливо азотних, позитивно впливає на вміст білка в зерні. Наприклад, внесення $N_{60}P_{60}K_{60}$ після картоплі підвищує урожайність ячменю на 8,6 ц/га порівняно з контролем без добрив.

Найбільш ефективним є внесення добрив у рядки під час сівби. Для цього доцільно використовувати комплексні мінеральні добрива, такі як аммофос, діаммофос або нітроаммофоска.

Для отримання високих урожаїв ячменю надзвичайно важливо здійснювати сівбу добірним, біологічно повноцінним насінням. Посівний матеріал має бути очищеним від домішок бур'янів, характеризуватись високими показниками енергії проростання та схожості.

За 10–15 днів до початку сівби насіння піддають протруюванню з метою захисту від збудників хвороб. Для цього використовують фунгіциди, наприклад: 15% байтан (2 кг/т), 80% вітатіуран (2–3 кг/т), 75% вітавакс (2,5–3 кг/т). Крім того, для покращення укорінення та закладення вузла кущіння насіння обробляють препаратом “Тур”, який також позитивно впливає на фітосанітарний стан посівів.

Протруювання насіння “Туром” зазвичай проводять у напівсухому режимі, витрачаючи 5–6 л 10% розчину на 1 тону зерна. Оброблене таким чином насіння слід висівати виключно у вологий ґрунт, при цьому глибина загортання має бути мінімальною. Для запобігання вилягання рослин у подальшому в період вегетації застосовують додаткові обробки цим самим препаратом.

У районах із прохолодними й дощовими веснами рекомендується перед протруюванням здійснювати обігрів насіння на зерносушарках або за допомогою активного вентилявання підігрітим повітрям (не вище 45°C).

Ячмінь належить до культур із невисокими вимогами до температури: насіння здатне проростати вже при +1...+3°C. Однак затримка з проведенням сівби негативно позначається на швидкості проростання, пригнічує розвиток рослин і підвищує ризик ураження посівів хворобами та шкідниками, що значно знижує врожайність. Оптимально сіяти одразу після досягання ґрунту — це дозволяє максимально ефективно використати вологу й поживні речовини.

Запізнення з посівом навіть на 3 доби може призвести до втрат урожаю на рівні 7–8 ц/га, а при запізненні на 6 або 9 днів — до 9–10 ц/га відповідно.

Рекомендована норма висіву становить 4,5–5,5 млн насінин/га (що еквівалентно 170–220 кг/га). Найбільш ефективною вважається рядкова сівба з міжряддям 15 см, яка створює оптимальні умови для розвитку сортів інтенсивного типу за будь-яких погодних умов.

За умов інтенсивного вирощування при сівбі необхідно залишати технологічні колії для подальшого внесення підживлень, обробок гербіцидами й інсектицидами.

Глибина загортання насіння повинна враховувати тип ґрунту та його вологість. При достатньому зволоженні рекомендується загортати насіння на глибину 3–4 см на важких ґрунтах та 5–6 см на легких. У разі посушливих умов глибину загортання на легких ґрунтах і чорноземах можна збільшити до 6–8 см.

Для проведення сівби ячменю рекомендується використовувати зернові сівалки типу СЗ-3,6, оснащені анкерними сошниками. Таке технічне рішення дозволяє висівати насіння безпосередньо на ущільнене дно борозни, що покращує доступ капілярної вологи до насінини та сприяє швидшому проростанню. Щоб уникнути порушення зв'язку кореневої системи із ґрунтом через розпушення, сівалка додатково оснащується котками для ущільнення.

Підживлення рослин здійснюється у три етапи за допомогою навісних розкидачів. Змішування і внесення добрив відбувається з орієнтовною нормою 180–200 кг/га, дотримуючись співвідношення $N_{60}P_{60}K_{60}$. Ці заходи дозволяють підвищити урожайність на 8–10 ц/га.

Останнім етапом вирощування ячменю є збирання врожаю. Саме від якості й своєчасності виконання жнив залежить не лише врожайність, а й якісні характеристики зерна. Існує два основні способи збирання: пряме комбайнування та роздільне збирання. Вони повинні поєднуватись у технологічному процесі так, щоб весь цикл тривав не довше 7–8 днів. Після цього терміну зерно втрачає зв'язок із рослиною, а вміст крохмалю знижується внаслідок дихання та вимивання.

Запізнення зі збиранням особливо критичне для полеглих посівів, де проростання зерна у валках відбувається швидше. При роздільному способі посіви скошують у валки у фазі воскової стиглості, коли понад 80% колосків пожовклі, а вологість зерна складає 30–38%. Через 3–4 дні, коли вологість знижується до 14–16%, починають підбирати валки. Збирання виконують потоковим методом з одночасним збиранням соломи і полови, використовуючи підбирачі ППТ-3 або ППТ-3А.

Пряме комбайнування проводять у фазі повної стиглості при вологості зерна 14–17%, за допомогою зернозбиральних комбайнів.

Для очищення зерна використовують зерноочисні машини, які налаштовують для ефективного видалення щуплих зернівок, бур'янів і дрібного зерна (менше 2,3 мм). Кукільні трієри виділяють биті зерна, а вівсюжні — залишки остів і видовжені форми.

Зернові культури залишаються прибутковим напрямом сільськогосподарського виробництва, який при правильному підході здатен приносити значні економічні вигоди. Особливу увагу слід приділяти стану ґрунту, який із часом втрачає родючість через недбале використання. Варто впроваджувати агротехнічні методи, що природним шляхом покращують ґрунтову структуру і збагачують її поживними речовинами.

Необхідною умовою успішного вирощування культур є підготовка насіння. Передпосівна обробка, протруювання й захист від шкідників забезпечують схожість, життєздатність і розвиток рослин. Протруювання проводять на машинах ПСШ-5 для знищення хвороботворних організмів і гризунів.

Насіння з високими посівними якістьми – ключ до стабільного врожаю. Тому важливим етапом є обробка поверхні насіння стимуляторами та захисними речовинами. Основні процедури – скарифікація й протруювання.

Скарифікація полягає в частковому або повному руйнуванні оболонки насінини, що дає змогу знищити збудників грибкових, вірусних і бактеріальних хвороб, а також полегшити проникнення вологи до зародка. Це значно покращує швидкість і рівномірність проростання насіння.

1.2 Протруювання і скарифікація насіння: значення, ефективність, технічні засоби

Протруювання насіння – це одна з ключових агротехнічних операцій, мета якої полягає у захисті посівного матеріалу та молодих паростків від збудників захворювань. Окрім того, дана процедура стимулює ріст рослин, а при застосуванні інсектицидів забезпечує додатковий захист від шкідників, гризунів і смоктунів.

Використання сучасних засобів обробки насіння дозволяє значно скоротити втрати врожаю і, як наслідок, підвищити загальний рівень урожайності. Зокрема, урожайність зернових культур зростає на 15–20%, цукрових буряків — на 5–10%, а кукурудзи — на 7–12%.

З огляду на це, створення високоефективних машин для механізованої обробки насіння, які поєднують функції скарифікації та протруювання і відповідають сучасним технічним вимогам, є надзвичайно актуальним завданням. Це має важливе народногосподарське значення й належить до пріоритетних напрямів науково-технічного розвитку агропромислового комплексу.

Аналіз існуючих методів підвищення врожайності свідчить про те, що найвищий ефект досягається тоді, коли застосовується комплексний підхід до обробки насіннєвого матеріалу. У цьому контексті одним з перспективних напрямків є розширення функціоналу машин для протруювання, зокрема таких моделей, як ПСШ-3, ПСШ-5, ПУ-3А.

Особливістю вказаних машин є використання шнекових механізмів для подачі насіння у змішувальну камеру. У процесі переміщення насіння зазнає не лише хімічної обробки, а й механічної дії — скарифікації, тобто часткового пошкодження оболонки. Це може бути порушення плідкової оболонки або верхніх алеїронових шарів, спричинене тертям всередині машини.

Таке часткове пошкодження відіграє позитивну роль, особливо коли насіння потрапляє в ґрунт з недостатньою кількістю вологи. Пошкоджена оболонка полегшує проникнення води до зародка, активізує ферментну систему зернини, що пришвидшує проростання та розвиток рослини.

Встановлено, що чим триваліший вплив вологи на скарифіковане насіння, тим швидше і якісніше відбуваються біохімічні перетворення, що сприяють активному росту.

З метою підвищення ефективності обробки насіння, для машини ПСШ-5 було запропоновано впровадження нової конструкції шнекового конвеєра. Це

дозволяє одночасно протруювати і активізувати посівний матеріал, підвищуючи його біологічну цінність.

1.3 Характеристика базової конструкції протруювача ПСШ-5, агротехнічні й техніко-економічні вимоги

Протруювач ПСШ-5 розроблений для виконання передпосівної обробки насіння зернових, зернобобових і технічних культур невеликими партіями. Обробка здійснюється за допомогою водних суспензій. Агрегат широко застосовується у фермерських та середніх господарствах завдяки своїй простоті в обслуговуванні й достатній ефективності.

До складу конструкції ПСШ-5 входять основні елементи: шнек 25, резервуар 12, діафрагмовий насос-дозатор 15, розподільник 9, система аспірації та очищення, автоматичний механізм керування 24, електроприводи та пульт керування.

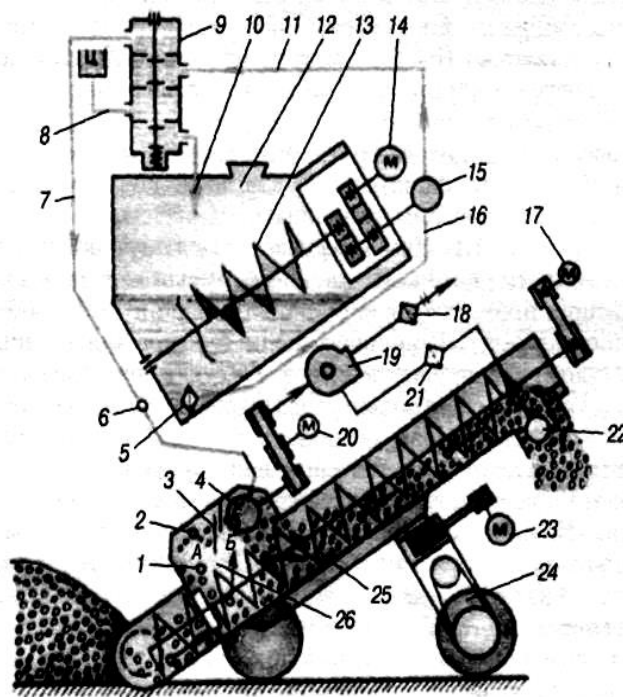


Рисунок 1.1– Схема роботи протруювача

Шнек агрегату поділяється на дві частини: забірну та транспортувально-змішувальну. До кожуха забірної частини приєднується шнековий підбирач, що забезпечує подачу насіння до зони обробки. У передній частині кожуха шнека розміщується бункер 26, розділений на дві камери: накопичувальну (А) та протруювальну (Б). У першій камері встановлені датчики рівня насіння (позиції 1 і 2), а в другій — дисковий розпилювач 4.

Насос-дозатор 15 забирає підготовлену суспензію з резервуара 12 і подає її через трубопровідну систему до корпусу крана, звідки вона надходить до розпилювача 4. Розпилювач перетворює суспензію на дрібнодисперсний аерозоль, який рівномірно покриває зернини при падінні в камеру обробки.

Розподільник 9 містить корпус, золотник, рукоятку й мірний циліндр Ц. У корпусі передбачено чотири з'єднувальні отвори для приєднання трубопроводів 7, 8, 10 і 11. Залежно від положення золотника (верхнього або нижнього), суспензія або подається в мірний циліндр для контролю витрати (верхнє положення), або направляється безпосередньо до розпилювача 4 (нижнє положення). Контроль подачі здійснюється датчиком 6.

Система аспірації та очищення включає в себе вентилятор 19, повітрязабірник 22 (розташований у вивантажувальній горловині шнека), систему трубопроводів і фільтрів 18, 21. Для підтримання однорідності суспензії у резервуарі передбачена шнекова мішалка 13, фільтр 5 та система електронагріву.

ПСШ-5 задовольняє базові агротехнічні вимоги до рівномірного покриття насіння, підтримання стабільної подачі суспензії та збереження посівних якостей обробленого матеріалу. Агрегат дозволяє проводити обробку точно дозовано, без перевитрат реагентів, і є достатньо економічно доцільним для господарств середнього масштабу.

Перед початком роботи протруювач ПСШ-5 встановлюють перед буртом зерна за допомогою механізму самохідного пересування. Далі готують робочу суспензію. Для цього в резервуар машини заливають 30–40 літрів води. Із банки з препаратом за допомогою спеціального пристрою засіб подають у резервуар.

Після цього активують режим перемішування натисканням кнопки «Мішалка» — препарат інтенсивно змішується з водою протягом 3–5 хвилин, після чого доливають воду до повного об'єму резервуара.

Наступним кроком є завантаження насіння. Два мішки з насінням підвішують до вивантажувальної горловини, після чого протруювач вмикають у автоматичний режим. Насіння з бурта надходить у накопичувальну камеру А. Коли його рівень досягає нижнього датчика 1, автоматично активується насос-дозатор.

Робоча суспензія з резервуара через трубопровід 16 подається в насос, який нагнітає її до розподільника 9, а далі — по трубопроводу 7 — до обертового дискового розпилювача 4. Створений ним туман рівномірно вкриває насіння, яке безперервно подається з камери А в камеру Б через регульоване вікно. Оброблене насіння транспортується шнеком 25 до вивантажувальних мішків.

Очищення повітря здійснюється системою аспірації: забруднене повітря із зони завантаження надходить у вентилятор 19 через забірник 22, фільтрується через елементи 18 і 21, після чого повертається в атмосферу.

Коли рівень насіння у камері Б досягає верхнього датчика 2, автоматично вимикається механізм пересування 24 — припиняється подача насіння. Якщо рівень опускається нижче датчика 2, подача відновлюється. При падінні рівня нижче датчика 1 — зупиняється насос-дозатор і припиняється подача рідини.

У разі зупинки потоку суспензії (наприклад, у випадку спорожнення резервуара чи поломки насоса), датчик 6 блокує роботу протруювача: вимикаються і самохід, і насос-дозатор.

Продуктивність машини регулюється переміщенням заслінки 3, а витрата рідини — маховичком дозатора, що змінює хід діафрагми насоса. Необхідні параметри задають згідно з регламентними таблицями.

Регулювання на задану норму витрати пестицидів

1. Встановлюють протруювач на рівному спеціальному майданчику згідно з інструкцією.

2. Перевіряють справність механізмів і підключення.
3. Заповнюють резервуар на третину водою, вносять пестициди, знову активують насос.
4. При досягненні рівня верхнього датчика насос автоматично вимикається.
5. Після досягнення стабільного режиму роботи за 6 хв. збирають і зважують оброблене зерно. Отриману масу множать на 10 — це і є фактична продуктивність.
6. При значному відхиленні переміщують важіль подачі насіння, повторюючи дослід тричі.

Регулювання витрати робочої рідини

1. Чотириходовий кран переводять у положення «Взяття проб».
2. Встановлюють важіль дозатора на нульову поділку.
3. Вивантажують насіння зі шнеків.
4. Маховичок дозатора встановлюють на відповідну поділку для заданої витрати.
5. Натискають кнопку «Вивантажування-заправлення».
6. Об'єм рідини, який потрапляє в мірний циліндр за 20 сек, множать на 3 — це витрата на хвилину.
7. При відхиленні регулювання повторюють тричі.

Така система дозволяє забезпечити точну подачу робочої рідини, знизити витрати препаратів і підвищити якість обробки насіння.

1.4 Огляд конструкцій машин-аналогів

У шнекових протруювачах обробка зерна здійснюється за допомогою спеціального шнека, який забезпечує транспортування насіння і його рівномірне покриття препаратом. Залежно від типу обробки, препарат може наноситися сухим, зволженим, комбінованим або повністю вологим способом.

Незважаючи на те, що шнекові робочі органи мають деякі недоліки, подібні до барабанних (зокрема, не завжди ідеальне покриття кожної зернини), вони є більш ефективними і зручними в експлуатації. Простота конструкції, компактні габарити та універсальність забезпечили їм поширене застосування, особливо в невеликих фермерських господарствах.

Серійне виробництво шнекових протруювачів розпочалося практично одночасно з барабанними. Відомими марками були: «Екстра», «П-2», «АБ-2», «Д-1», «ПС-5», «ПУ-1», «ПУ-1Б» та ін. Серед сучасних моделей, які досі використовуються в Україні, варто виділити «ПСШ-3,0»

Закордонні виробники також активно застосовують шнекові системи в конструкціях протруювачів. Відомі моделі походять від фірм: «Allman» (Велика Британія), «Mist-o-Matie» (Велика Британія), «Panogen» (Швеція), «Prezident» (Данія), «Pofata» (Польща).

Камерні протруювачі належать до більш сучасних і ефективних конструкцій. Принцип їх дії базується на взаємодії окремих зернин із потоком препарату, що забезпечує точне й рівномірне покриття кожного зерна. Завдяки цьому досягається висока якість обробки.

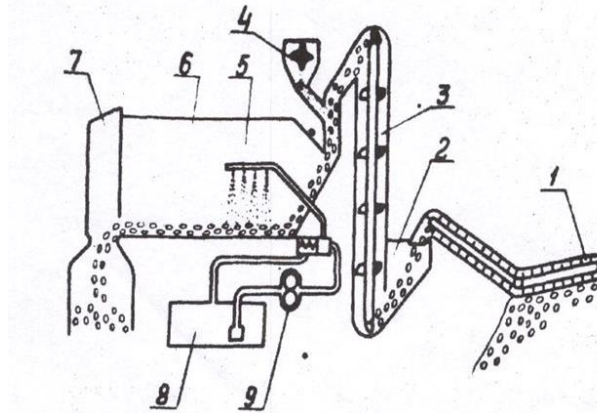
Камерні установки можуть працювати у різних режимах — сухому, зволоженому та комбінованому. Вони відрізняються високою продуктивністю, низьким рівнем енергоспоживання та металоємності, а також сприяють дотриманню санітарно-гігієнічних умов завдяки герметичності камер.

В Україні сучасні моделі протруювачів, окрім ПСШ-5, уже обладнані саме такими робочими органами. На світовому ринку камерні системи представлені такими компаніями, як «Gustafson» (США), «Superior» (США), «Prezident» (Данія), «Goppel» (Німеччина), «Ewos» (Швеція), «Pobar» (Німеччина).

Часто протруювачі за кордоном оснащуються двома робочими органами — основним і допоміжним. Таке конструктивне рішення приймається у двох випадках:

- якщо основний робочий орган не гарантує належного рівня обробки;

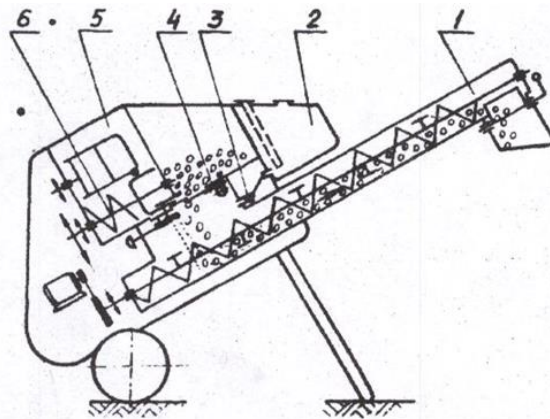
- у разі необхідності виконання додаткових операцій, які складно реалізувати за допомогою основного вузла, наприклад, підсушування зерна або нанесення захисного шару (тальку) на його поверхню.



1-скребковий транспортер; 2-бункер для зерна;
3-елеватор; 4-бункер для порошковидного препарату; 5-
распиливающая штанга; 6-смесительный барабан; 7-вивідна
камера; 8-бак для рідини; 9-насос

Рисунок 1.2 – Барабанний протруювач ПУ-3,0А

Інше конструктивне рішення, рис. 1.3



1-змішувальний шнек; 2-бак для рідини;
3-кран; 4-дозатор зерна; 5-бункер для порошковидних
препаратів; 6-живильник

Рисунок 1.3 – Принципова схема шнекового протруювача ПСШ-3.0

Аналіз недоліків існуючих конструкцій та напрями вдосконалення. Протруювачі насіння класифікують за типом робочих органів на: барабанні, шнекові, камерні, комбіновані, лоткові, транспортерні, роликові та вальцеві. Перші чотири типи переважно використовуються для обробки насіння

зернових, зернобобових і технічних культур, тоді як інші — для протруювання насіннєвої картоплі.

Барабанні протруювачі працюють за принципом перемішування насіння з препаратом у барабані, де обробка може бути сухою, вологою або комбінованою. Причина в тому, що не всі зернини забезпечуються рівномірним контактом із препаратом. Також ці машини мають високу металоємність, низьку продуктивність і несприятливі умови праці для операторів.

Камерні протруювачі, навпаки, базуються на взаємодії зернин із струменем препарату, що дозволяє досягти високої точності й рівномірності обробки. Вони ефективні при роботі в сухому, вологому й комбінованому режимах. Такі системи мають високу продуктивність, низьке енергоспоживання та створюють герметичні умови, що покращує гігієну праці. Більшість сучасних машин в Україні вже оснащено саме такими робочими органами, окрім ПСШ-5.

Шнекові протруювачі мають просту будову, проте в них існує суттєвий недолік — механічне пошкодження насіння під час переміщення металевим шнеком. Крім того, завантаження обробленого зерна в мішки є трудомістким, вимагає додаткового персоналу і ручної роботи на полі. Це не лише знижує ефективність, а й підвищує витрати.

Оновлення конструкції шнекового транспортера дозволяє вирішити низку проблем. Зокрема, вдосконалення шнека забезпечує:

- знищення патогенних організмів на оболонці насінини;
- часткове зняття оболонки, що покращує вбирання вологи й препаратів;
- прискорення проростання й формування здорових сходів.

Використання гнучких шнекових конвеєрів замість жорстких металевих конструкцій дозволяє здійснювати подачу насіння безпосередньо у зернові ящики сівалок чи у кузови транспортних засобів. Це усуває потребу в мішках і додатковій тарі, скорочує кількість залученого персоналу, оптимізує логістику і сприяє зменшенню собівартості обробки насіння.

2 РЕКОМЕНДАЦІЇ З ПОКРАЩЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПРОТРУЮВАННЯ НАСІННЯ

2.1 Обґрунтування ідеї вдосконалення

Для досягнення високих техніко-економічних характеристик нова конструкція протруювача повинна відповідати ряду ключових вимог. Зокрема, агрегат має забезпечувати безперервний процес обробки та транспортування насіння, відповідати сучасним агротехнічним, екологічним і енергетичним стандартам, демонструвати високу продуктивність та не пошкоджувати насіннєвий матеріал. Крім того, машина повинна забезпечувати якісне протруювання і скарифікацію, мати компактні розміри, бути зручною в обслуговуванні та відповідати вимогам безпеки.

У результаті проведеного патентного пошуку та аналізу існуючих конструкцій гвинтових транспортерів шнекового типу, для вдосконалення протруювача ПСШ-5А була обрана конструкція шнекового конвеєра, розроблена на колишньому Тернопільському комбайновому заводі.

Ключова особливість цієї конструкції полягає у використанні гнучких шнеків із пластмаси. Таке інженерне рішення забезпечує низку переваг:

- мінімальне пошкодження зародка насінини, що дозволяє зменшити втрати врожаю внаслідок зниження схожості. Дослідження показують, що навіть 1% пошкодженого насіння може спричинити зниження врожайності на 15–20 кг/га;
- спрощення процесу нанесення абразивного покриття на поверхню шнека, що покращує умови для скарифікації оболонки насіння.

У результаті вдосконалення шнекового транспортера оновлений протруювач забезпечує ефективне знищення шкідників і збудників захворювань, які знаходяться на оболонці насінини. Також здійснюється часткове знімання цієї оболонки, що сприяє покращенню проникнення вологи

та робочих препаратів до зародка. Це дозволяє прискорити процес проростання та забезпечити формування здорових, міцних сходів.

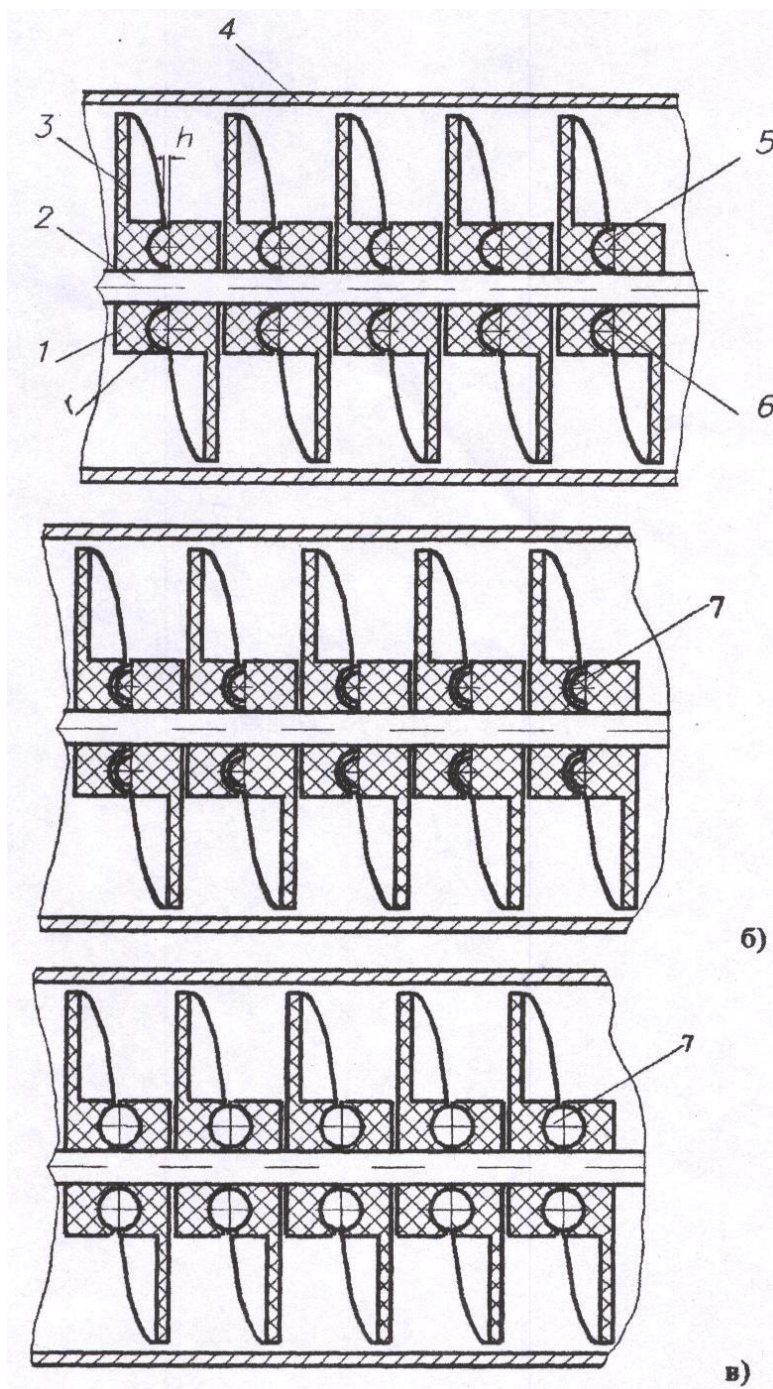


Рисунок 2.1 – Модульний гвинтовий конвеєр

Додатково, впровадження гнучких шнекових конвеєрів у конструкцію протруювача дозволяє подавати оброблене насіння безпосередньо у зернові ящики сівалок або вантажні кузови, усуваючи потребу в мішках та іншій тарі.

Це скорочує трудовитрати та знижує потребу в обслуговуючому персоналі, що в кінцевому підсумку знижує собівартість обробки посівного матеріалу.

Деякі із запропонованих до впровадження конструктивно-технологічних рішень шнекового модуля наведено на відповідному ілюстративному матеріалі (див. рисунок).

2.2 Розрахунок гнучкого шнекового конвеєра

У процесі сухого або напівсухого протруювання головним робочим елементом конструкції протруювача є шнеки, які виконують функцію подачі насіння, змішування з препаратом і транспортування до виходу. Для проектування і оцінки ефективності гнучкого шнека необхідно визначити його розрахункову продуктивність і енергетичні характеристики.

Продуктивність шнекового конвеєра визначається за формулою

$$Q = 3600 F_0 g_n \gamma \quad (2.1)$$

де $F_0 = \frac{\pi D^2}{4} f e$ - площа поперечного січення шару матеріалу, що переміщається, м²;

D – діаметр шнека, $D=0,16$ м;

f – коефіцієнт заповнення жолоба шнека, $f=0,83$;

n – число обертів шнека в хвилину, $n=65$ об/хв.;

e – коефіцієнт, що враховує зниження продуктивності шнека внаслідок його нахилу до горизонту;

$g_n = \frac{Sn}{60}$ - швидкість поздовжнього переміщення матеріалу в м/с;

S – крок витка шнека, $S=0,09$ м;

γ - питома вага матеріалу, $\gamma=800$ кг/м³.

Отже площа поперечного січення зерна, що переміщається буде рівна

$$F_0 = \frac{3,14 \times 0,16^2}{4} \times 0,83 \times 0,9 = 0,015 \text{ м}^2.$$

Швидкість позовжнього переміщення зерна:

$$g_n = \frac{0,09 \times 65}{60} = 0,098 \text{ м/с}.$$

Знаючи швидкість позовжнього переміщення та площу поперечного січення зерна, розрахуємо продуктивність гнучкого шнекового конвеєра:

$$Q = 3600 \times 0,015 \times 0,098 \times 800 = 4234 \text{ кг/год}.$$

Отже продуктивність гнучкого шнекового конвеєра при максимальному коефіцієнті заповнення жолоба шнека $f=0,7$ становить 4,23 т/год.

Розрахуємо затрати потужності на привід позовжнього шнека:

$$N = g \gamma Q (L_n W + H_n); \quad (2.2)$$

де L_n, H_n – проекції довжини транспортування і висота піднімання вантажу відповідно, $L_n=4\text{м}$, $H_n=1,5\text{м}$;

W – робота, що затрачається на транспортування зерна, $W=8,8$.

$$N = 9,8 \times 0,83 \times 4,23 (4 \times 8,8 + 1,5) = 1217 \text{ Вт}.$$

Враховуючи запас міцності $\lambda = 3$ і довговічність роботи вибираємо двигун потужністю 1,5 кВт асинхронний 4АМ90L6У3 згідно ДСТУ 1284,1-80. перевіряємо правильність вибору частоти обертання шнека з формули:

$$n = \sqrt{\psi \varphi g_0 k_t / [2Q(1 + T/T')] \times 10^4} = \sqrt{\psi \varphi g_0 k_{ck} / 2Q} \times 10^4; \quad (2.3)$$

де f - коефіцієнт заповнення шнека, $f=0,7$, $\psi=0,9$;

k_{ck} - коефіцієнт швидкості, залежить від нахилу шнека і швидкості обертання, $k_{ck}=0,8$.

Отже,

$$n = \sqrt{0,7 \times 0,9 \times 0,098^3 \times 0,8 / (2 \times 4,23)} \times 10^4 = 7506 / \text{хв}.$$

Розраховуємо кутову швидкість шнека

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30} = 7,85 \text{с}^{-1}.$$

2.3 Розрахунок гвинтової лопаті на міцність

З метою визначення раціональних параметрів гвинтових лопатевих елементів проведено їх розрахунок на міцність. Гвинтова лопать сприймає розподілені навантаження при переміщенні вантажу, які в основному зосереджуються по круговому периметру лопаті із діаметром $D=0,16\text{м}$. Лопать виконана у вигляді вирізного гвинтового сектора з кутом $f=90^\circ$ і її висота по осі становить $H = B + h = T/4$, де T – крок гвинтової лінії, $T=0,09\text{м}$. Отже $H=0,0225\text{м}$. при навантаженні лопаті, згин проходить по лінії, розміщеній в площині, дотичній до циліндричної основи вала.

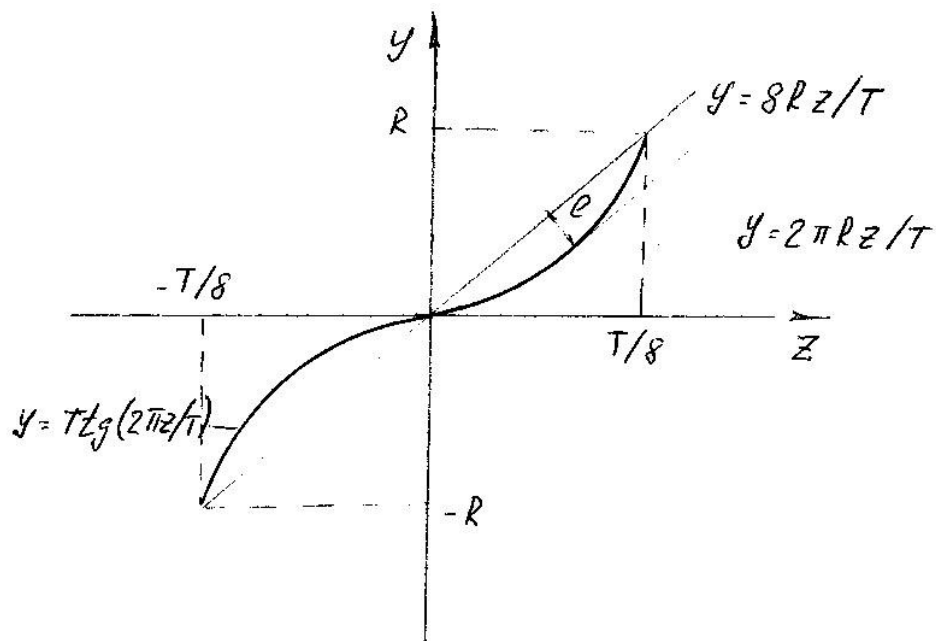


Рис. 2.2— Схема для визначення профілю лопаті

Для гвинтового сектора рівного $\pi/2$, кутова координата змінюється від $-\pi/4$ до $\pi/4$ і в крайніх точках параметри u, z, y приймають такі значення

$$u = \sqrt{2R}, \quad z = \pm T/8, \quad y = \pm R;$$

Отже,

$$\begin{aligned} u &= \sqrt{2} \times 0,08 = 0,112 \text{ м} \\ z &= \pm 0,09/8 = \pm 0,0112 \text{ м} . \\ y &= \pm 0,08 \text{ м} \end{aligned}$$

Тому центральна та крайні точки лежать на одній прямій, рівняння якої

$$\begin{aligned} y &= \frac{8R}{T} z; \\ y &= \frac{8 \times 0,08}{0,09} 0,0112 = 0,079 \text{ м} . \end{aligned} \tag{2.4}$$

Умова міцності лопатей матиме вигляд

$$\sigma = \sqrt{\sigma_{3z}^2 + 4\tau^2} \leq [\sigma]; \tag{2.5}$$

де τ - напруження зрізу

$$\tau = \frac{4P}{t\sqrt{4\pi^2 R^2 + T^2}}; \quad (2.6)$$

де P – зусилля згину визначається за формулою

$$P = \frac{2N}{\omega_n D_p n_1} \left[\frac{k(\pi D_p - \mu T)}{T + \mu \pi D_p} + 1 \right] / \sqrt{k^2 + 1}; \quad (2.7)$$

де t - товщина перетину в довільній точці лопаті, $t=0,003$ м.

N -потужність на приводі,

ω - частота обертання,

n_1 -кількість лопатей.

$$n_1 = \frac{L_n}{S} \times 2 = \frac{4000}{90} \times 2 = 89. \quad (2.8)$$

де μ - коефіцієнт тертя ячменю, $\mu = 0,28$.

D_p – розрахунковий діаметр,

k - коефіцієнт впливу форми, $k - 1,5 \dots 2,5$. Приймаємо $k=2,5$.

Отже,

$$P = \frac{2 \times 1217}{7,85 \times 89 \times 0,16} \left[\frac{2,5 \times (3,14 \times 0,16 - 0,28 \times 0,09)}{0,09 + 0,28 \times 3,14 \times 0,16} + 1 \right] / \sqrt{2,5^2 + 1} = 5,2 \text{ Н / мм}.$$

Підставивши отримане значення в формулу обрахунку напруження зрізу отримаємо

$$\tau = \frac{4 \times 5,2}{0,003 \times \sqrt{4 \times 3,14^2 \times 0,08^2 + 0,09^2}} = 23370 \text{ Н / м}^2.$$

Максимальне розрахункове напруження згину буде

$$2\sigma_{\Sigma} = \frac{6N \times (0,4D - R) [(k + \mu) \times \pi D_p + T(1 - \mu k)]}{kt^2 \sqrt{R_p^2 + \frac{T^2}{64}} \times \omega n_1 \times \sqrt{k^2 + 1} \times D(T + \mu \pi D)} \quad (2.9)$$

$$\alpha = 90^\circ, D_p = 0,9D, R_p = 0,4D$$

$$\sigma = \frac{6 \times 1277 \times (0,4 \times 0,16 - 0,08) \times [(2,5 + 0,28) \times 3,14 \times 0,144 + 0,09(1 - 0,28 \times 2,5)]}{2,5 \times 0,003^2 \times \sqrt{0,064^2 + \frac{0,09^2}{64}} \times 7,85 \times 89 \times \sqrt{2,5^2 + 1} \times 0,16(0,09 + 0,28 \times 3,14 \times 0,16)} = 161458 \text{ Н / мм}$$

Звідси

$$\sigma = \sqrt{23,3^2 + 4 \times 161,458^2} = 323,8 \text{ Кн / м}^2 \leq [\sigma];$$

де $[\sigma]$ - для поліпластвінілових лопатей рівна 1050 Кн/м^2 , отже рівність $\sigma \leq [\sigma]$ дотримана.

Зробимо перевірку розрахунків для гнучких гвинтових шнеків із умови складного згину σ розраховують для перевірки за формулою

$$\sigma = \frac{12k_{\Sigma} N \times (0,4D - R)}{n_1 \omega t^2 \times \sqrt{4R^2 + \frac{T^2}{16}}} \leq [\sigma]; \quad (2.10)$$

k_{Σ} - коефіцієнт сумарних відхилень, $k_{\Sigma} = 1$.

$$\sigma = \frac{12 \times 1 \times 1217 \times (0,4 \times 0,16 - 0,08)}{89 \times 7,85 \times 0,003^2 \times \sqrt{4 \times 0,08^2 + \frac{0,09^2}{16}}} = 286,8 \text{ Кн / м}^2.$$

Умова дотримується, отже матеріал лопатей вибраний правильно.

3 ПРОЄКТНА ЧАСТИНА

3.1 Розрахунок натяжного механізму шнека

Для того, щоб розрахувати натяжний механізм, необхідно знати, який опір чинить зернова маса переміщенню. Зусилля розраховуємо за формулою [26]

$$P_t = mg \times f_t; \quad (3.1)$$

де m - маса зернової суміші, що одночасно знаходиться на гвинтовому конвеєрі;

P_t - сила тертя ячменю;

f_t - коефіцієнт тертя ячменю, $f_t = 0,28$.

$$m = \rho V \quad (3.2)$$

де ρ - питома вага ячменю, $\rho = 800 \text{ кг/м}^3$;

V – об'єм, зайнятий зерном.

$$V = S \times L \times \varphi; \quad (3.3)$$

де S - площа поперечного перерізу конвеєра: $S = \frac{\pi D^2}{4}$;

L - довжина гвинтового конвеєра $L=4\text{м}$;

φ - коефіцієнт заповнення жолоба, $\varphi=0,7$.

$$V = \frac{3,14 \times 0,16^2}{4} \times 4 \times 0,7 = 0,056 \text{ м}^3.$$

$$m = 800 \times 0,056 = 44,8 \text{ кг}.$$

Тоді

$$P_t = 44,8 \times 9,8 \times 0,28 = 123H .$$

Отже, для того, щоб забезпечити надійну роботу гвинтового конвеєра, а також надійне зчеплення лопатей кульковими шарнірами, необхідно підібрати натяжний механізм, який би забезпечив зусилля натягу $P_n = 3P_t$, для того щоб забезпечити необхідну міцність. Тому для розрахунків приймаємо $P = 370H$.

Згідно ДСТУ 13772-82 вибираємо пружину №444, для якої

$P_3 = 400H$ – сила пружини при максимальній деформації,

$d = 4,5mm$ – діаметр дроту,

$D = 60mm$ – зовнішній діаметр пружини,

$Z_1 = 24,0H/mm$ – жорсткість одного витка,

$f_3 = 16,66$ – найбільший прогин одного витка.

Знайдемо індекс пружини

$$e = \frac{D_0}{d}; \quad (3.5)$$

де D_0 – середній діаметр пружини, мм

$$D_0 = D - d;$$

$$D_0 = 60 - 4,5 = 55,5mm. \quad (3.6)$$

Отже,

$$e = \frac{55,5}{4,5} = 12,3.$$

Максимальна деформація при дотику витків пружини стиску

$$F_3 = \frac{P_3}{Z}; \quad (3.7)$$

$$F_3 = \frac{400}{24} = 16,6mm.$$

Повне число витків

$$n_1 = n + n_2;$$

(3.8)

де n - робоче число витків, $n = \frac{Z_1}{Z}$.

$$n = \frac{200}{24} = 8,3.$$

Отже

$$n_1 = 8 + 2 = 10.$$

Довжина розгорнутої пружини

$$L = 3,2D_0n_1;$$

$$L = 3,2 \times 55,5 \times 10 = 1776 \text{ мм}.$$

(3.9)

Вага пружини, кг

$$Q = 19,25 \times 10^{-6} D_0 d^2 n_1;$$

$$Q = 19,25 \times 10^{-6} \times 55,5 \times 4,5^2 \times 10 = 0,215 \text{ кг}.$$

(3.10)

Жорсткість пружини:

$$Z = \frac{P_1}{F_1} = \frac{1000d^4}{D_0^3 n};$$

(3.11)

$$Z = \frac{1000 \times 4,5^4}{55,5^3 \times 10} = 0,01 \text{ кгс / мм}.$$

В системі СІ $Z = 0,1 \text{ Н/мм}$.

Визначимо потужність пружини

$$K = \frac{4c-1}{4c-4} + \frac{0,615}{c};$$

(3.12)

$$K = \frac{4 \times 12,3 - 1}{4 \times 12,3 - 4} + \frac{0,615}{12,3} = 1,116.$$

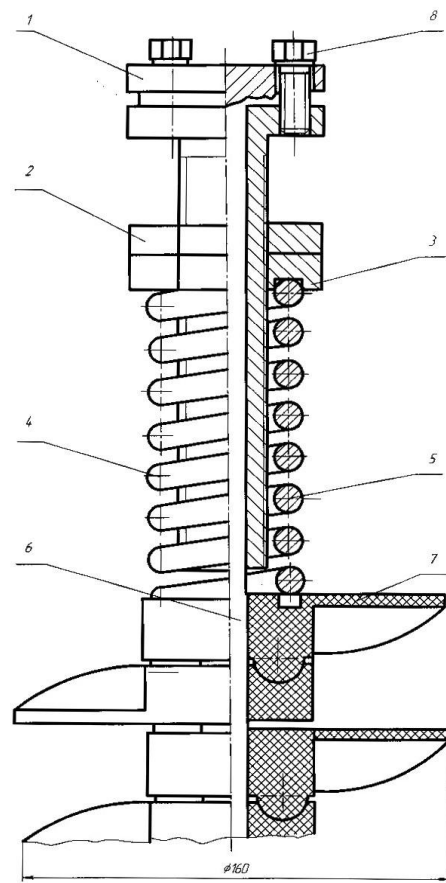
$$\tau_3 = K \frac{8P_3 D_0}{\pi d^3};$$

$$\tau_3 = 1,116 \times \frac{8 \times 400 \times 55,5}{3,14 \times 4,5^3} = 693 \text{ кгс / мм}^2.$$

(3.13)

В системі СІ $\tau_3 = 6930 \text{ Н/мм}^2$.

Отже, пружина підібрана вірно.



1 – фіксуючий диск, 2 – натяжна шайба, 3 – штопорна шайба, 4 – пружина, 5 – натяжна втулка, 6 – трос, 7 – лопать, 8 – болт.

Рисунок 3.1 – Механізм натягу

3.2 Розрахунок шпонкового з'єднання

Гнучкий шнековий конвеєр приводиться в дію через ланцюгову передачу з використанням зірочок, які монтуються на вали за допомогою шпонкових з'єднань. Щоб гарантувати надійну й довговічну роботу механізму, необхідно провести перевірку шпонкового з'єднання на міцність за умовами згину і зрізу.

Крутний момент, який передається через шпонкове з'єднання $T_{кр}$:

$$T_{кр} = P_m \times R; \quad (3.14)$$

де P_m – опір переміщенню, $P_m = 123 \text{ Н} \cdot \text{м}$;

R - радіус шнека, $R = 0,08 \text{ м}$

$$T_{кр} = 123 \times 0,08 = 9,84 \text{ Нм} \quad (3.15)$$

Розміри шпонок вибираємо згідно з ДСТУ 23360-78 для даного діаметра вала.

1. Шпонка на привід привідного вала гнучкого шнека.

Діаметр вала $d = 17 \text{ мм}$.

Вибираємо шпонку, яка має відповідні розміри

$b = 5 \text{ мм}$; $h = 5 \text{ мм}$; $t_1 = 3 \text{ мм}$; $t_2 = 2,3 \text{ мм}$; $l = 28 \text{ мм}$.

Напруження згину з умови міцності [25]

$$\sigma_{зм}^{max} = \frac{2T}{d(h - t_1)(l - b)} \leq [\sigma]_{зм}; \quad (3.16)$$

де $[\sigma]_{зм}$ – допустиме напруження для сталюї зірочки становить $[\sigma]_{зм} = 100\text{--}120 \text{ Н/мм}^2$.

$$\sigma_{зм}^{max} = \frac{2 \times 9,84 \times 10^3}{17(5-3)(28-5)} = 25 H / мм^2 \leq [\sigma]_{зм};$$

Перевіримо міцність з'єднання на зріз

$$\tau_{зр} = \frac{2T}{dlb} \leq [\tau]_{зр}; \quad (3.17)$$

де $[\tau]_{зр}$ – допустиме напруження зрізу становить $[\tau]_{зр} = 70 - 80 H / мм^2$.

$$\tau_{зр} = \frac{2 \times 9,84 \times 10^3}{17 \times 28 \times 5} = 8,3 H / мм^2 \leq [\tau]_{зр};$$

Отже, умова міцності на зріз і згинання виконується.

2. Розрахунок шпонки на вихідному валу черв'ячного редуктора

Діаметр вала $d = 25 мм$.

Вибираємо зі стандартного ряду шпонку, [26] яка має відповідні розміри:

$b = 8 мм; h = 7 мм; t_1 = 4 мм; t_2 = 3,3 мм; l = 28 мм$

Перевіряємо міцність з'єднання на зминання

$$\sigma_{зм} = \frac{2 \times 9,84 \times 10^3}{25(7-4)(28-8)} = 14 H / мм^2 \leq [\sigma]_{зм};$$

Перевіримо міцність з'єднання на зріз

$$\tau_{зр} = \frac{2 \times 9,84 \times 10^3}{25 \times 28 \times 8} = 3,5 H / мм^2 \leq [\tau]_{зр};$$

Отже, для даної шпонки також умова міцності на зріз і згинання виконується.

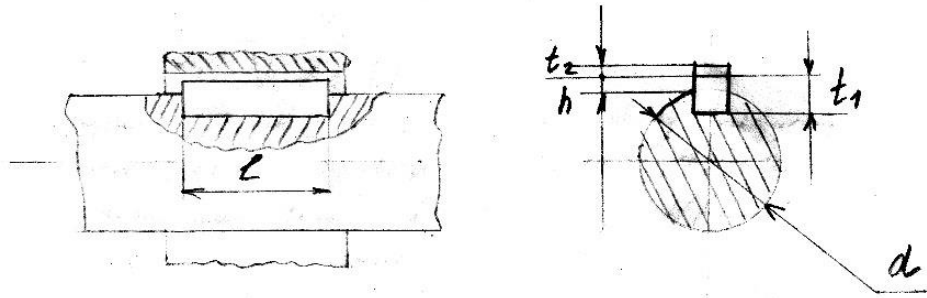


Рисунок 3.2 – Схема до розрахунку шпонкового з'єднання

В обох випадках отримані значення напружень значно менші за допустимі, тому шпонкові з'єднання є надійними і здатні витримати задані навантаження.

3.3 Розрахунок ланцюгової передачі приводу

Для передавання обертального моменту від редуктора до шнека у конструкції протруювача використовується ланцюгова передача із передаточним відношенням 1:1. Кількість зубів на зірочках приводу і веденого вала — $z = 20$. Приводний електродвигун має потужність 1,5 кВт та номінальну частоту обертання 935 об/хв. Передаточне число черв'ячного редуктора:

$$U_p = \frac{n_{ном}}{n} = \frac{935}{75} = 12,46. \quad (3.18)$$

Згідно з рекомендованим значенням передаточних чисел черв'ячних редукторів вибираємо з стандартного ряду передаточне число $U_p=12,5$.

Вибір кроку двигуна за критерієм стійкості проти спрацювання [25]

$$t \geq 2,8 \sqrt{\frac{T_1 k_e}{z_1 [p] m}}; \quad (3.19)$$

де T_1 – крутний момент на вихідному валу редуктора,

z_1 - число зубів провідної зірочки, $z_1=20$;

$[p]$ - допустимий тиск в шарнірах, Н/мм²;

m – число рядів ланцюга, $m=1$.

Так як передаточне відношення ланцюгової передачі становить 1:1 і якщо крутний момент на валу шнека становить 9,84 Нм, то крутний момент на валу редуктора буде такий же самий і становитиме 9,84 Нм.

$$T_1 = T_2 = 9,84H \times m; \quad (3.20)$$

$$k_e = k_\delta k_a k_n k_p k_{cm} k_n; \quad (3.21)$$

де k_δ - коефіцієнт, що враховує характер навантажень при ударному навантаженні. Приймаємо $k_\delta = 1,25$;

k_a - коефіцієнт, що враховує вплив міжосьової відстані, приймаємо $k_a = 1$;

k_n – коефіцієнт впливу натягу ланцюга, приймаємо $k_n = 1$;

k_p – коефіцієнт, що враховує спосіб регулювання натягу ланцюга.

При періодичному регулюванні $k_p = 1,25$;

k_{cm} – коефіцієнт, що враховує спосіб змащення, при періодичному змащенні $k_{cm} = 1,3$;

k_n – коефіцієнт, що враховує періодичність роботи, при однозмінній роботі $k_n = 1$.

$$k_e = 1,25 \times 1 \times 1 \times 1,25 \times 1,3 \times 1 = 2.$$

Допустимий тиск в шарнірах приймаємо згідно

$$[p] = 12 \times [1 + 0,01(20 - 17)] = 12,5H / \text{мм}^2.$$

$$t \geq 2,83 \sqrt{\frac{9,84 \times 10^3 \times 2}{20 \times 12,5 \times 1}} = 12 \text{ мм}.$$

Згідно з рекомендованими значеннями кроку ланцюга, зі стандартного ряду вибираємо крок для нашої передачі $t=12,7\text{мм}$.

По табличним даним знаходимо характеристики даного ланцюга при $t=12,7\text{мм}$:

$Q=1820\text{кгс}$ – руйнівне навантаження;

$g=0,75\text{кг/м}$ – маса 1 м ланцюга;

$F=50\text{м}^2$ – проекція опорної поверхні шарніра;

$D=8,51\text{мм}$ – діаметр ролика.

Приймаємо ланцюг ПР 12,7-1820 ГОСТ 13568-75

Перевірка ланцюга на статичну міцність

$$n = \frac{9,81Q}{pk_o + P_g + P_j}; \quad (3.22)$$

де p – колове зусилля

$$p = \frac{P_{ог}}{v},$$

де v - швидкість ланцюга;

$$v = \frac{z_1 t n_1}{60 \times 1000} = \frac{20 \times 12,7 \times 75}{60 \times 1000} = 0,32 \text{ м/с}.$$

$$\text{Звідки } p = \frac{1,5 \times 10^3}{0,32} = 4687,5 \text{ Н}.$$

P_v - зусилля від відцентрової сили;

$$P_v = g \times v^2 = 0,75 \times 0,32^2 = 0,08 \text{ Н} . \quad (3.23)$$

де $g=0,75 \text{ кг/м}$

P_j – зусилля від провисання ланцюга

$$P_j = 9,81 \times k_j \times g \times a = 9,81 \times 3 \times 0,75 \times 508 = 11,2H . \quad (3.24)$$

де k_j – коефіцієнт, який залежить від розташування ланцюга, $k_j = 3$.

Тоді

$$n = \frac{9,81 \cdot 1820}{4687,5 \cdot 1,25 \div 0,08 \div 11,2} = 3,04 .$$

Визначаємо міжосьову відстань між зірочками

$$a = 40t = 40 \times 12,7 = 508_{мм} . \quad (3.25)$$

Розрахункова міжосьова відстань

$$a_0 = (t / 4) \left[W - 0,5(z_1 + z_2) + \sqrt{[W - 0,5(z_1 + z_2)]^2 - 8(z_2 - z_1)^2 / (2\pi)^2} \right]; \quad (3.26)$$

Визначаємо

$$a_0 = (12,7 / 4) \times \left[100 - 0,5(20 + 20) + \sqrt{[100 - 0,5(20 + 20)]^2 - 8(20 - 20)^2 / (2 \times 3,14)^2} \right] = 508_{мм}$$

де W – число ланок ланцюга

$$W = 2a / t + 0,5(z_1 + z_2) + (t / a) \times (z_2 - z_1)^2 / (2\pi)^2 = 2 \times 508 + 0,5(20 + 20) + (12,7 / 508)(20 - 20)^2 / (2 \times 3,14)^2 = 100_{од} \quad (3.27)$$

Визначення провисання ланцюга

$$P_p = a_0 \times 0,4\% = 508 \times 0,4\% = 2_{мм} . \quad (3.28)$$

Виходячи з того, що розміри протруювача невеликі, міжосьову відстань слід зробити меншою. отже конструктивно приймаємо , що вона становить 230 мм.

Визначаємо силу тиску на вал шнека

$$R_y = P + 2P_j = 4687,5 + 2 \times 11,2 = 4709,9H . \quad (3.29)$$

Визначаємо ділильні діаметри зірочок

$$d_{d1,2} = \frac{t}{\sin \frac{180^\circ}{z_{1,2}}} = \frac{12,7}{\sin \frac{180^\circ}{20}} = 116_{мм} . \quad (3.30)$$

Зовнішні діаметри зірочок

$$D_{e1,2} = \frac{t}{tg \frac{180^\circ}{z_{1,2}}} = \frac{12,7}{tg \frac{180^\circ}{20}} = 124_{мм} . \quad (3.31)$$

Товщина диску зірочки

$$B = 0,93B_{BH} = 0,93 \times 9,65 = 9_{мм} ,$$

де $B_{BH} = 9,65$ мм – відстань між пластинами внутрішніх з'єднань.

Таким чином, обрана передача відповідає всім умовам міцності, зносу та працездатності.

.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Вимоги безпеки життєдіяльності при протруюванні насіння шнековими протруювачами

Процес протруювання насіння є важливою технологічною операцією в аграрному виробництві, яка передбачає хімічну обробку насіннєвого матеріалу задля знищення патогенів, грибкових спор та шкідників, що можуть знижувати схожість і врожайність культур. Застосування шнекових протруювачів дозволяє автоматизувати й уніфікувати цей процес, однак водночас створює низку потенційних небезпек, пов'язаних із використанням токсичних речовин, механічного обладнання та електричних систем. У зв'язку з цим особливе значення має дотримання вимог безпеки життєдіяльності, які базуються на законодавчих та нормативно-технічних актах у сфері охорони праці.

Підготовка до проведення робіт з протруювання насіння повинна починатися з організаційних заходів, спрямованих на забезпечення контролю за станом технічних засобів, наявністю відповідної документації, допуском персоналу до робіт, а також наданням необхідного захисного оснащення. Перед початком робіт працівники проходять спеціальне навчання та інструктаж з охорони праці, що регламентується Типовим положенням про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці (наказ Держгірпромнагляду України від 26.01.2005 №15), а також мають бути ознайомлені з потенційними ризиками при роботі з агрохімікатами. Медичний огляд є обов'язковою умовою допуску до виконання таких операцій, причому особи, які мають алергічні реакції на хімічні речовини або хвороби дихальної системи, не можуть залучатися до цієї роботи.

Усі роботи з протруювання насіння здійснюються в спеціально відведених приміщеннях або на відкритих майданчиках, що відповідають вимогам до організації санітарно-захисної зони. Якщо протруювання

виконується у закритому приміщенні, обов'язковою умовою є наявність ефективної вентиляції — як загальнообмінної, так і місцевої витяжної, яка дозволяє видаляти залишки пилу та випари робочих розчинів. При розміщенні обладнання на відкритому повітрі зона обробки має бути огороженою, із заборонаю доступу сторонніх осіб, та позначеною відповідними знаками небезпеки відповідно до вимог ДСТУ ISO 7010:2019.

Важливою особливістю шнекових протруювачів є наявність рухомих частин — шнеків, приводних валів, електродвигунів, що можуть становити загрозу травмування. Тому всі елементи передачі повинні бути захищені кожухами, а блоки керування обладнані пристроями аварійного зупинення. У разі виникнення нестандартної ситуації — стороннього шуму, порушення подачі насіння, виток протруйника або відмови електросистеми — працівник зобов'язаний негайно припинити роботу, відключити живлення і повідомити відповідальну особу. Самовільне втручання у роботу механізмів без зупинки і повного знеструмлення обладнання є неприпустимим та розцінюється як грубе порушення правил безпеки.

Особливу увагу слід приділити хімічному фактору небезпеки. Робочі розчини протруйників, зазвичай на основі фунгіцидів або інсектицидів, мають токсичну дію різного ступеня, тому поводження з ними має здійснюватися виключно в захисному одязі. Комплект засобів індивідуального захисту повинен включати герметичний комбінезон або халат із хімічно стійкого матеріалу, респіратор або протигаз з відповідними фільтрами (залежно від класу небезпеки препарату), захисні окуляри або щиток, рукавички з гуми або нітрилу, непромокальне взуття. Використання засобів індивідуального захисту регламентується ГОСТ 12.4.011-89 та вимогами НПАОП 0.00-1.28-10 щодо експлуатації сільськогосподарської техніки.

Зберігання та підготовка хімікатів до роботи мають проводитись окремо від основної ділянки протруювання, у спеціально обладнаних приміщеннях або контейнерах, що захищають від сонця, дощу та механічних пошкоджень. Важливо також забезпечити наявність проточної води, аптечки першої

допомоги, засобів для нейтралізації або збору розлитих препаратів (піску, тирси, гідрофільних сорбентів). У разі контакту хімікату зі шкірою або слизовими оболонками необхідно негайно припинити роботу та вжити заходів надання домедичної допомоги згідно з чинною інструкцією МОЗ.

Процес подачі насіння до шнекового протруювача повинен бути механізованим, щоб уникнути ручного контакту з обробленим матеріалом, який навіть після змішування може залишати токсичні залишки. Якщо завантаження все ж здійснюється вручну, працівник зобов'язаний дотримуватись повного комплексу захисних заходів, а також не перевищувати тривалості роботи, встановленої гігієнічними нормативами. За потреби тривалого виконання робіт слід передбачити змінність та обов'язкові перерви, під час яких працівники можуть відпочити в приміщеннях, що не зазнають впливу хімічних речовин.

Після завершення протруювання всі залишки препаратів мають бути зібрані у герметичну тару для подальшого використання або утилізації згідно з вимогами екологічної безпеки. Утилізація відпрацьованих упаковок, промитої тари та інших хімічних відходів здійснюється відповідно до ДСП 8.8.1.2.001-98 «Безпечне використання пестицидів і агрохімікатів» та чинних санітарних правил. Обладнання очищується від залишків робочого розчину, після чого проводиться візуальний огляд на предмет пошкоджень та зносу. Спецодяг підлягає дезінфекції або утилізації, залежно від характеру забруднення.

Умови праці під час виконання операцій з протруювання підлягають періодичній оцінці згідно з нормативами гігієнічної класифікації, у тому числі на вміст шкідливих речовин у повітрі робочої зони, рівень шуму та вібрацій, а також мікроклімат. Результати таких оцінок повинні враховуватись при розробці режиму праці та відпочинку, доборі засобів захисту і оновленні технологічних карт. Для забезпечення постійного контролю за дотриманням вимог безпеки в господарстві має бути призначена відповідальна особа, що здійснює огляд технічного стану обладнання, наявності інструкцій, та фіксує виконання профілактичних заходів у спеціальному журналі.

Комплексний підхід до безпеки життєдіяльності при протруюванні насіння за допомогою шнекових протруювачів дозволяє не лише запобігти нещасним випадкам, а й забезпечити довготривале збереження здоров'я працівників, дотримання санітарно-гігієнічних норм та вимог екологічної безпеки. У сучасному агровиробництві питання охорони праці не може розглядатись як формальність, адже воно є необхідною умовою ефективної та безпечної експлуатації технологічного обладнання й відповідального використання хімічних засобів захисту рослин.

4.2 Заходи щодо зменшення негативного впливу агрохімікатів на навколишнє середовище

З метою охорони здоров'я людей, навколишнього природного середовища в 1997 р. був ухвалений Закон «Про безпечне поводження з пестицидами і агрохімікатами». Згідно цього закону, державне управління в області безпечного поводження з пестицидами і агрохімікатами здійснює уряд безпосередньо або через спеціально уповноважені ним органи виконавчої влади.

Для розробки і обґрунтування регламентів застосування пестицидів і агрохімікатів проводяться їх реєстраційні випробування, які включають:

визначення ефективності застосування пестицидів і агрохімікатів і розробку регламентів їх застосування;

оцінку небезпеки негативної дії пестицидів і агрохімікатів на здоров'ї людей, розробку гігієнічних нормативів, санітарних норм і правил;

екологічну оцінку регламентів застосування пестицидів і агрохімікатів;

експертизу результатів реєстраційних випробувань пестицидів і агрохімікатів.

При розробці нових пестицидів і агрохімікатів повинна бути повністю виключена або зведена до мінімуму небезпека їх негативної дії на здоров'ї

людей і навколишнє природне середовище. Виготівник зобов'язаний, зокрема, припинити реалізацію, утилізувати пестициди і агрохімікати у випадках, якщо безпечне їх застосування стає неможливим.

Зберігання пестицидів і агрохімікатів вирішується тільки в спеціалізованих сховищах. Забороняється безтарне зберігання пестицидів.

Транспортування пестицидів і агрохімікатів допускається тільки в спеціально обладнаних транспортних засобах.

Знешкодження, утилізація, знищення і поховання пестицидів, що прийшли в непридатність або заборонених до застосування, і агрохімікатів, а також тари з-під них забезпечуються громадянами і юридичними особами відповідно до законодавства.

Серед ефективних засобів охорони навколишнього середовища не можна не назвати сівозміни для боротьби з шкідниками і хворобами рослин. Послідовна зміна сільськогосподарських культур запобігає накопиченню специфічних для тієї або іншої культури паразитичних організмів. Проте інтенсифікація землеробства припускає значне насичення сівозміни основною культурою, аж до переходу в окремих випадках до монокультур. У таких умовах застосування пестицидів стає невід'ємною частиною агротехніки.

Поява нових форм шкідників і патогенних мікробів, стійких до відповідних пестицидів, ставить перед наукою і виробництвом важке завдання постійної зміни цих пестицидів. Ще більш ситуація ускладнюється при переході до монокультури, коли з року в рік на одній і тій же площі застосовують одні і ті ж отрутохімікати, що різко прискорює утворення стійких форм.

Запобігання накопиченню пестицидів в ґрунті і водоймищах можливо тільки при достатній інтенсивності мікробіологічних процесів, їх інактивації і руйнування. При тривалому застосуванні і накопиченні одного і того ж органічного пестициду в ґрунті вибірково концентрується мікрофлора, здатна утилізувати його. Якщо ж отрутохімікати постійно міняти, цьому процесу важко. Таким чином, виникає відома суперечність: з одного боку, швидка зміна

препаратів перешкоджає виникненню стійких форм паразитів, з іншої — вона ж заважає накопиченню в ґрунті специфічної мікрофлори, здатної руйнувати конкретний отрутохімікат.

Є декілька напрямів зниження небажаних побічних ефектів.

Перший напрям — обмежене застосування препаратів. Розробляються інтегровані системи захисту рослин, що базуються насамперед на стійкому сорті, що доповнюється цілою системою мерів, що включають агротехнічні і інші нехімічні методи і лише разом з ними, — хімічні. При цьому вдається значно скоротити число хімічних обробок.

Інший напрям — синтез нестійких пестицидів, що швидко руйнуються, а також спеціалізованих з'єднань вузького спектру дії, що вражають тільки шкідливі організми.

Головними принципами раціонального використання пестицидів повинні бути: строгий облік екологічної обстановки на сільськогосподарських угіддях, точне знання критеріїв, при якій чисельності шкідливих і корисних організмів доцільне проведення хімічної боротьби. Хімічні прийоми слід поєднувати з агротехнічними, селекційними, організаційно-господарськими.

Висновок. В Україні здійснюється контроль за застосуванням пестицидів і їх залишками в різних середовищах (сільськогосподарській продукції, ґрунті, воді, повітрі), за рівнем забруднення навколишнього середовища агрохімікатами, вживаними в сільському господарстві, вмістом нітратів в ґрунтах і в рослинній продукції. Проте не можна сказати, що контроль за якістю сільськогосподарської продукції сьогодні ведеться повсюдно на належному рівні.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Переобладнання протруювача зерна ПСШ-5, шляхом використання гнучкого шнекового конвеєра, для комплексного передпосівного обробітку зерна, протруювання, скарифікації за новою методикою дозволить підвищити врожайність посівів ярого ячменю на 2,5-4,5ц/га, що становить 15-25%.

В результаті виконання роботи отримано такі основні результати:

продуктивність гнучкого шнекового конвеєра – 4234 кг/год;

швидкість позовжнього переміщення зерна – 0,1 м/с;

для роботи гнучкого шнекового конвеєра необхідно затратити потужність - 1217Вт;

для приводу вибрано двигун потужністю 1,5 кВт асинхронний 4АМ90L6У3 згідно ДСТУ 1284,1-80;

лопаті із діаметром $D=0,16\text{м}$ виконані у вигляді вирізного гвинтового сектора з кутом $f=90^\circ$ і її висота по осі становить $H=0,0225\text{ м}$, крок гвинтової лінії, $T=0,09\text{ м}$;

матеріал лопоті – поліпластвініл;

напруження зрізу в лопоті - 23370 Н/м^2 ;

напруження згину - 161458 Н/м^2 ;

сумарне напруження - $323,8\text{ кН/м}^2$;

довжина гвинтового конвеєра, $L=4\text{ м}$.

Отже, для того, щоб забезпечити надійну роботу гвинтового конвеєра, а також надійне зчеплення лопатей кульковими шарнірами, необхідно підібрати натяжний механізм, який би забезпечив зусилля натягу $P=370\text{Н}$.

Згідно ДСТУ 13772-82 вибираємо пружину №444, для якої

$P_3=400\text{Н}$ – сила пружини при максимальній деформації,

$d=4,5\text{мм}$ – діаметр дроту,

$D_1=60\text{мм}$ – зовнішній діаметр пружини,

$Z_1=24,0\text{Н/мм}$ – жорсткість одного витка,

$f_3 = 16,66\text{ мм}$ – найбільший прогин одного витка.

Для приводу протруювача розраховано ланцюгову передачі із ланцюгом ПР 12,7-1820 ГОСТ 13568-75, спроектовано зірочки та підібрані шпонки для відповідних з'єднань.

В розділі «Безпека життєдіяльності, основи охорони праці» розглянуто питання вимог безпеки життєдіяльності при протруюванні насіння шнековими протруювачами та заходи щодо зменшення негативного впливу агрохімікатів на навколишнє середовище.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Alexander Nanka, Ivan Morozov, Vladimir Morozov, Mykola Krekot, Anatolii Poliakov, Ivan Kiralhazi, Mykhailo Lohvynenko, Konstantin Sharai, Andriy Babiy, Mykola Stashkiv. Improving the efficiency of a sowing technology based on the improved structural parameters for colters. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. Vol. 4. No. 1 (100) (2019) Engineering Technological Systems. P. 33 – 45.

2. Andreikiv O.E., Babii A.V. & Dolinska, I.Ya. Influence of the Working Media and Maneuvering Loading Mode on the Service Life of Spraying Booms of Field Sprinklers. *Materials Science*. Vol. 56. December, 2020. pp.166–173. – Scopus, Web of Science.

3. Andrii Babii, Taras Dovbush, Nadiia Khomuk, Anatolii Dovbush, Anna Tson, Vasyl Oleksyuk, 2022. Mathematical model of a loaded supporting frame of a solid fertilizers distributor. *Procedia Structural Integrity* No 36. 203-210.

4. Babii A. Study of the efficiency of working mixture application in chemical crop protection. *Scientific Journal of TNTU*. Tern. : TNTU, 2020. Vol 98. No 2. pp. 99–109.

5. Babii A., Babii M. Taking impact of oscillation amplitude of boom sprayers load-bearing frame sections. *Scientific Journal of TNTU*. Tern. : TNTU, 2019. Vol. 95, No 3, P. 97–104.

6. Babii A., Levytskyi B. (2024) Research of stress-strain state of tank of small-size self-propelled sprayer. *Scientific Journal of TNTU (Tern.)*, vol 115, no 3, pp. 91–99. https://doi.org/10.33108/visnyk_tntu2024.03.091.

7. Babii A., Levytskyi B., Dovbush T., Babii M., Khomuk N., Dovbush A., Valiashek V. Mathematical model of sprayer tank loading. *Procedia Structural Integrity*, 2024. No 59, 609-616. <https://doi.org/10.1016/j.prostr.2024.04.086>.

8. Babii A.; Aulin V.; Babii M.; Levytskyi B. (2022) Investigation of the working capacity of the operating body suspension functional-transporting machine. *Scientific Journal of TNTU (Tern.)*, vol 105, no 1, pp. 5–12.

9. Babii A.; Aulin V.; Babii M.; Levytskyi B. (2022) Investigation of the working capacity of the operating body suspension functional-transporting machine. *Scientific Journal of TNTU (Tern.)*, vol 105, no 1, pp. 5–12. https://doi.org/10.33108/visnyk_tntu2022.01.005.

10. Syrotyuk A.M., Babii A.V., Barna R.A., Leshchak R.L., Marushchak P.O. Corrosion-Fatigue Crack-Growth Resistance of Steel of the Frame of a Sprayer Boom. *Materials Science*, 2021, 56(4), P. 466–471.

11. Бабій А.В. Аналіз параметрів штангового обприскувача з метою збільшення його продуктивності. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv. Ukraine, 2019. Vol. 10. No. 4. С. 51–55.

12. Бабій А.В. Дослідження впливу горизонтальних коливань штанги на рівномірність обприскування. Матеріали Всеукраїнської наукової конференції молодих учених і науково-педагогічних працівників, 16 червня 2020 р. Редкол. : Непочатенко О.О. (відп. ред.) та ін. Умань : ВПЦ «Візаві», 2020. С. 121–123.

13. Бабій А.В. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни «Конструкція, розрахунок і виробництво сільськогосподарських машин» для студентів денної та заочної форм навчання спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» зі спеціалізацією «Машини сільськогосподарського виробництва» для здобуття освітнього ступеня «бакалавр» / А.В. Бабій. Вид–во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2017. 100 с.

14. Бабій А.В. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни «Сільськогосподарські машини: конструкції та розрахунок» для студентів денної та заочної форм навчання спеціальності 208 «Агроінженерія» для здобуття освітнього ступеня «Бакалавр». Машини для заготівлі кормів. Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя. 2022. 76 с.

15. Бабій А.В., Бабій М.В. Організація і технологія механізованих робіт: навчальний посібник до курсового проектування для студентів денної та заочної форм навчання спеціальності 208 «Агроінженерія» для здобуття

освітнього ступеня «Бакалавр». Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя. 2023. 144 с.

16. Бабій А.В., Брошак І.С., Мартинюк В.В. Пристрій для прикореневого підживлення вегетуючих рослин. Матеріали XIV Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації сільськогосподарської техніки». Кропивницький: ЦНТУ. 2023. С.68-69.

17. Бабій А.В., Дзюра В.О., Головецький І.В. Дослідження впливу вертикальних коливань штанги обприскувача на рівномірність обприскування. Центральнотернопільський науковий вісник. Технічні науки. 2022. Вип. 5(36)_І. С. 216-226.

18. Бабій А.В., Довбуш Т.А., Бабій М.В., Ткаченко О.І., Сташків М.Я. Динаміка машин. Навчальний посібник для студентів денної та заочної форм навчання спеціальностей 133 «Галузеве машинобудування» та 208 «Агроінженерія» для здобуття освітнього ступеня «Магістр». Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя. 2023. 246 с.

19. Бабій М.В., Дзюра В.О., Бабій А.В., Рожко Н.Я., Валяшек В.Б. Обґрунтування оптимальної схеми перевезення насипних вантажів при взаємодії різних видів транспорту. Центральнотернопільський науковий вісник. Технічні науки. 2023. Вип. 8(39), ч. II. С. 125-133.

20. Бабій А., Лещак Р., Барна Р. Корозійна тривкість сталі рами штангових обприскувачів у рідинному середовищі агрохімікатів. Проблеми корозії та протикорозійного захисту конструкційних матеріалів: спец. вип. журналу „Фізико-хімічна механіка матеріалів”. № 13. Львів: Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України, 2020. С. 356–360.

21. Довбуш Т.А., Хомик Н.І., Бабій А.В., Цьонь Г.Б., Довбуш А.Д. Опір матеріалів: навчальний посібник до виконання розрахунково-графічних робіт і самостійної роботи. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2022. 220 с.

22. Желібо Є.П., Заверуха Н.М., Зацарний В.В. Безпека життєдіяльності: Навчальний посібник / За ред. Є.П. Желібо, В.М.Пічі. Львів:

„Новий світ–2000”, 2002. – 328 с.

23. Заверуха Н.М. Безпека життєдіяльності: Навчальний посібник. Львів: „Новий світ–2000”, 2003. – 264 с.

24. Керб Л. П. Основи охорони праці: Навч. пос. К.: КНЕУ, 2003. 215с.

25. Ластівка М.М. Експлуатація машин і обладнання: Навчальний посібник для здобувачів вищої освіти аграрних технікумів і коледжів зі спеціальності 208 Агроінженерія. Ладижинський коледж, 2019. 374 с.

26. Левицький Б.Б., Бабій А.В. Аналіз конструктивних особливостей мініобприскувачів для невеликих фермерських господарств. Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2023. Вип. 8(39), ч.ІІ. С. 116-125.

27. Опір матеріалів. Під заг. ред. акад. АН УССР Г. С. Писаренко. К.:Вища школа, 1974. 304 с.

28. Павлище В.Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин. К.: Вища шк., 1993. 556 с.

29. Протруювач насіння ПСШ-5. «Технічний опис та інструкція з експлуатації. Макошинський завод сільськогосподарського машинобудування», 1986. 103с.

30. Сільськогосподарські машини: основи теорії та розрахунку : навч. посіб. / за ред. Д. Г. Войтюка; авт. кол.: / Д.Г. Войтюк, С.С.Яцун, М.Я. Довжик. Суми: ВТД «Університетська книга», 2008. 543 с.

31. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування: Підруч. для студ. вищ. навч. закл. із спец. «Машини та обладнання сільськогосподарського виробництва» / За ред. М.І. Черновола. Кн. 1: Машини для рільництва / П.В. Сисолін, В.М. Сало, В.М. Кропівний; За ред. М.І. Черновола. К.: Урожай, 2001. 384 с.

32. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування: Підруч. для студ. вищ. навч. закл. із спец. «Машини та обладнання сільськогосподарського виробництва» / За ред. М.І. Черновола. Кн. 3: Машини та обладнання для переробки зерна та насіння / П.В. Сисолін, М.М.

Петренко, М.О. Свірень; За ред. М.І. Черновола. К.: Фенікс, 2007. 432 с.

33. Хомик Н. І., Мартиню В. В., Бабій А. В., Цьонь Г. Б., Довбуш Т. А., Довбуш А. Д. Агрозахист: навчальний посібник за заг. ред. к. т. н., доц. Хомик Н. І. Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2025. 520 с.

34. Хомик Н.І. Методичний посібник до виконання кваліфікаційної роботи для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 208 «Агроінженерія» / Н.І. Хомик, В.П. Олексюк , М.Я. Сташків, А.В. Бабій, Т.А. Довбуш. Тернопіль: ТНТУ імені Івана Пулюя, 2025. 106 с.