

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

Бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Підвищення ефективності виконання технологічної операції
протруювання насіння з удосконаленням дозуючого пристрою

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

208 Агроінженерія

(шифр і назва спеціальності)

Дух Р.А.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Бабій А.В.

(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.

(підпис)

(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 Духу Ростиславу Андрійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Підвищення ефективності виконання технологічної
операції протруювання насіння з удосконаленням дозуючого пристрою

Керівник роботи Бабій Андрій Васильович, д.т.н., професор
(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:
Продуктивність машини за годину основного часу 3,0 т/год; місткість бака не більше 50 л; діапазон подачі робочої рідини дозатором 0,15...0,7 л/хв; вивантаження насіння в бункер, висота не більше 1000 мм; Висота підвішування мішків повинна бути не більше 750 мм.

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

Вступ. 1. Аналіз способів передпосівної обробки насіння.

2. Рекомендації з покращення технології протруювання насіння зернових культур

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 ПНШ-3; Дозатор рівня протруювача; Робоче креслення мірного циліндра (бачка рівня); Робочі креслення деталей;

Загальні висновки.

6. Консультанти розділів роботи

[illegible]

7. Дата видачі завдання

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

[illegible]

Студент

(підпис)

Дух Р.А.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Бабій А.В.

(прізвище та ініціали)

Реферат

Мета і завдання дослідження – підвищити ефективність протруювання насіння сільськогосподарських культур при застосуванні точнішого пристрою дозування робочої рідини.

Мета досягається шляхом заміни дозатора черпакового типу на дозатор рівня.

Мета реалізовується при вирішенні наступних завдань:

вивчено роль передпосівної обробки насіння у зниженні захворюваності та підвищенні врожайності ярого ріпаку;

проаналізовано конструкційні особливості та принцип дії шнекового протруювача насіння;

проведено обґрунтування конструктивних змін в базову конструкцію протруювача;

провести розрахунок дозатора рівня;

розрахувати на міцність бачок рівня;

обґрунтувати параметри приводу насоса дозатора та шнека.

Об'єктом дослідження – технологічний процес протруювання насіння.

Предмет дослідження – удосконаленням системи дозування робочого препарату протруювачем.

Практичне значення – обґрунтовано використання дозатора рівня при подачі робочої рідини, що дозволило підвищити точність такого дозування та відповідно якість обробки самого насіння при протруюванні.

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

Ключові слова. Протруювач, види протруювання, хімічний захист, дозатор рівня, продуктивність, технологічний процес.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1 АНАЛІЗ СПОСОБІВ ПЕРЕДПОСІВНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ	6
1.1 Роль передпосівної обробки насіння у зниженні захворюваності та підвищенні врожайності ярого ріпаку	6
1.2 Технічні та технологічні вимоги до процесу протруювання насіння перед висівом.....	11
1.3 Конструкційні особливості та принцип дії шнекового протруювача насіння .	15
1.4 Огляд конструкцій протруювачів-аналогів	19
2 РЕКОМЕНДАЦІЇ З ПОКРАЩЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПРОТРУЮВАННЯ НАСІННЯ	24
2.1 Підготовка протруювача до роботи	24
2.2 Експлуатація, регулювання та завершення роботи протруювача	26
2.3 Обґрунтування конструктивних змін.....	28
2.4 Технологічні розрахунки протруювача.....	30
3 ПРОЄКТНА ЧАСТИНА	36
3.1 Розрахунок дозатора рівня.....	36
3.2 Настроювання дозатора рівня і витрати робочої рідини.....	38
3.3 Розрахунок на міцність бачка рівня	40
3.4 Обґрунтування параметрів приводу насоса дозатора та шнека.....	42
4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ.....	47
4.1 Вимоги безпеки під час протруювання насіння	47
4.2 Заходи охорони праці при протруюванні насіння.....	49
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	52
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	54

ВСТУП

Забезпечення високої врожайності сільськогосподарських культур значною мірою залежить від якості передпосівної обробки насіння, зокрема протруювання – технологічної операції, що дозволяє захистити посівний матеріал від хвороб, шкідників і впливу несприятливих умов середовища на ранніх етапах росту. Ефективність цієї операції визначається точністю дозування та рівномірністю нанесення протруйника, що вимагає високої технічної досконалості відповідного обладнання, зокрема дозуючих пристроїв.

У сучасних умовах, коли зростає потреба у підвищенні енергетичної та ресурсної ефективності агротехнологій, актуальним є удосконалення конструкцій машин для обробки насіння з метою покращення їхньої точності, надійності й продуктивності. Особливу увагу при цьому слід приділяти дозуючим пристроям, оскільки саме вони безпосередньо впливають на точність подачі препарату, економне його використання та якість покриття насіння.

Незважаючи на наявність широкого спектра конструкцій дозаторів, досі залишаються актуальними питання коливань витрати робочого розчину, нестабільності дозування в динамічних режимах роботи, а також обмеженої універсальності пристроїв для обробки насіння різних культур. Тому удосконалення дозуючого механізму з метою стабілізації його роботи та адаптації до змінних технологічних умов є важливим напрямом наукових досліджень.

Метою даної кваліфікаційної роботи є підвищення ефективності виконання технологічної операції протруювання насіння шляхом удосконалення дозуючого пристрою. В межах дослідження розглянуто технічні аспекти функціонування існуючих систем, проаналізовано фактори, що впливають на рівномірність подачі протруйника, а також запропоновано конструктивні рішення, спрямовані на покращення технологічного процесу обробки насіння.

1 АНАЛІЗ СПОСОБІВ ПЕРЕДПОСІВНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ

1.1 Роль передпосівної обробки насіння у зниженні захворюваності та підвищенні врожайності ярого ріпаку

Ріпак відіграє значну роль у сільському господарстві, забезпечуючи цінну рослинну олію, поживний кормовий білок та якісний зелений корм. Під час переробки його насіння отримують суттєві обсяги корисних продуктів – майже дві п'ятих становить олія, а решта – високобілкова макуха. Завдяки вмісту великої кількості кормових одиниць у ріпаковому шроті, він широко використовується для збалансування раціону тварин у системі зернофуражного виробництва.

Крім харчового й кормового значення, ріпак має важливу агротехнічну функцію. Його включення до сівозміни сприяє зменшенню засміченості полів та поліпшенню структури ґрунту. Виявлено, що при використанні як проміжного сидерату, він суттєво обмежує ріст бур'янів у наступних культурах. Це дозволяє зменшити фітосанітарне навантаження та підвищити родючість полів. Особливу увагу варто звернути й на його цінність як одного з перших медоносів – із гектару посівів можливо зібрати до центнера меду.

Для регіонів, що зазнали наслідків Чорнобильської катастрофи, ріпак має ще одну важливу перевагу – здатність до виробництва продукції, зокрема олії, в якій не накопичуються радіонукліди. Це робить його стратегічною культурою для розширення посівних площ у зонах з підвищеним рівнем радіації.

Однак, ефективність вирощування ріпаку стримується високою сприйнятливістю до хвороб. Ураження рослин різноманітними патогенами часто призводить до істотних втрат урожаю, які можуть сягати більше половини потенційного збору. Серед найбільш агресивних збудників в умовах України домінують альтернаріоз, фомоз, пероноспороз, а також гнилі різного походження. У зв'язку з цим, важливою складовою сучасного землеробства є

впровадження комплексних систем захисту рослин, де особливе місце посідає передпосівне протруювання насіння.

У північних регіонах, зокрема на Поліссі, актуальність удосконалення таких підходів до обробки насіння ярого ріпаку обумовлена необхідністю зменшення ризиків фітопатологічних втрат і забезпечення стабільної врожайності в умовах змін клімату та агроекологічної нестабільності.

На базі навчально-дослідного господарства «Україна» Житомирського національного агроекологічного університету проводили дослідницьку роботу, присвячену вивченню особливостей впливу передпосівної обробки насіння на стійкість ярого ріпаку до патогенів та рівень урожайності. Досліди виконували в чотирьох повтореннях, що забезпечувало достовірність отриманих результатів.

У межах експерименту розглядали різні варіанти протруювання насіння, які відрізнялися як за типом препарату, так і за нормою внесення. Це дозволило простежити залежність між видом застосованого засобу захисту та інтенсивністю розвитку збудників хвороб. Польові ділянки, на яких здійснювались дослідження, були закладені на ясно-сірих лісових супіщаних ґрунтах із помірно кислою реакцією середовища та низьким вмістом гумусу. Хімічний аналіз ґрунтів засвідчив невисокий рівень забезпечення поживними елементами, зокрема фосфором і калієм, що також могло впливати на загальний фітосанітарний стан культури.

Під час вегетації облік ураження рослин хворобами здійснювали згідно з методикою І.Л. Маркова. Визначення врожайності проводили за загальноприйнятими агрономічними стандартами, а для встановлення вмісту олії в насінні використовували рефрактометричний аналіз у спеціалізованій лабораторії Інституту регіональних екологічних проблем. Обробка експериментальних даних здійснювалася за допомогою табличного редактора MS Excel, що дозволило систематизувати результати та виявити статистично значущі відмінності.

Результати свідчать про істотну варіативність ступеня ураження ярого ріпаку основними збудниками залежно від типу та кількості застосованого протруйника. У фазі сходів ураження альтернаріозом коливалося в межах від 0,2 до 8,0 %, фомозом – від 0,7 до 3,9 %, білою гниллю – від 0,3 до 4,9 %, а сірою – від 0,6 до 4,0 %. Найвищі показники захворюваності були зафіксовані у варіанті без захисної обробки, тобто при використанні лише води. Цей результат підтверджує ефективність хімічного захисту на ранніх етапах розвитку рослин. Водночас, серед варіантів із застосуванням препаратів, спостерігалось незначне підвищення чутливості до фомозу у разі використання одного з досліджуваних засобів, де рівень захворюваності перевищив контроль на 0,1 %.

У дослідженнях було встановлено, що використання сучасного протруйника, зокрема Максим XL 035 FS у повній рекомендованій нормі, суттєво знижує рівень інфікування ярого ріпаку основними збудниками грибкових хвороб. На етапі сходів найбільше зменшення проявів альтернаріозу, білої та сірої гнилі спостерігалось саме після застосування цього препарату, що свідчить про його високу ефективність у профілактиці ранніх уражень. У порівнянні з необробленим контролем, зменшення захворюваності було статистично значущим, що вказує на потенціал Максим XL як базового засобу захисту на старті вегетації.

Використання Вітаваксу 200 у повній нормі також демонструвало певний захисний ефект, хоча його результати були дещо нижчими порівняно з Максимом. Зменшення зараження, зокрема альтернаріозом і гнилями, було помітним, однак не досягло рівня конкурентного препарату. Зменшення дози цього засобу призводило до істотного зниження ефективності обробки, що проявлялося в підвищеній чутливості культури до інфекційних агентів навіть на початкових фазах росту.

При переході до фази стеблування та початку бутонізації, інтенсивність ураження ріпаку значно зростала, що є природною реакцією рослин на зміну умов середовища та зростання загального інфекційного фону. У таких умовах

ефективність застосованих протруйників ставала ще більш очевидною. Найнижчий рівень розвитку захворювань знову спостерігався в посівах, де насіння обробляли Максимом XL у повному дозуванні. У порівнянні з контролем, інфікування рослин ключовими патогенами – альтернаріозом, фомозом, білою та сірою гнилями – було знижене в рази.

Навпаки, скорочення дози препарату навіть удвічі призводило до помітного зростання показників ураження, що чітко підтверджувало недоцільність використання половинних норм. Подібну закономірність простежували і у випадку з Вітаваксом 200: зменшення кількості препарату супроводжувалося суттєвим підвищенням сприйнятливості рослин до патогенів.

Варто зазначити, що біологічні засоби обробки, зокрема БСП та Спорофіт, не забезпечили належного захисного бар'єра. Їх ефективність виявилася недостатньою не лише для суттєвого зниження захворюваності, а й в окремих випадках супроводжувалася результатами, гіршими за контроль. Це свідчить про те, що в умовах значного інфекційного навантаження, застосування біопрепаратів без супроводу системних хімічних засобів не гарантує стабільного фітосанітарного стану культури.

Таким чином, результати досліджень доводять важливість вибору ефективного протруйника та дотримання рекомендованих норм його використання. Перевага надається препаратам системної дії нового покоління, які забезпечують не лише профілактичну дію, а й тривалий захисний ефект упродовж вегетації.

Рівень ураження ярого ріпаку хворобами, зокрема альтернаріозом, який вважається одним із найнебезпечніших патогенів культури, виявився вагомим фактором, що вплинув на кінцевий обсяг отриманого врожаю. За результатами досліджень, врожайність насіння варіювала в межах від 2,24 до 2,86 т/га. Найменший показник фіксувався на ділянках без жодного хімічного захисту, тоді як найвищий урожай отримано за умов повноцінної обробки насіння сучасним протруйником Максим XL 035 FS, що дозволило перевищити

контрольний варіант майже на третину. Подібну, хоча й дещо нижчу, ефективність продемонстрував і препарат на основі тебуконазолу – Вітавакс 200, який забезпечив істотне підвищення врожайності. Натомість застосування зменшених доз обох засобів позитивно впливало на урожай, однак ефект був менш вираженим. Використання біологічних препаратів, як-от БСП або Спорофїт, практично не змінило картину – урожайність збільшилася лише незначно, що свідчить про обмеженість їх дії за умов підвищеного інфекційного навантаження.

Окрім кількісних показників, на якість зібраного насіння також суттєво впливає фітосанітарний стан посівів. Зокрема, вміст олії в насінні змінювався залежно від варіанту передпосівної обробки. Найвищу концентрацію олії виявлено в насінні, обробленому Максим XL у повному обсязі, де її вміст перевищував контрольний зразок. Інші хімічні засоби, включаючи Вітавакс, також позитивно впливали на якісні параметри, однак ефективність залежала від застосованої дози. Біологічні препарати знову не змогли забезпечити суттєвого покращення – їх вплив на вміст олії був або мінімальним, або зовсім відсутнім.

Аналіз загального виходу олії з урожаю підтвердив отримані висновки. Найкращі результати були досягнуті на фоні застосування Максим XL у рекомендованій нормі, що забезпечило максимальний показник у перерахунку на гектар. Вітавакс 200 також продемонстрував високу продуктивність, хоча й дещо поступався конкуренту. Половинні дози обох препаратів дозволяли досягти помірного зростання виходу олії, але їх ефективність була нижчою. Біологічні засоби, хоч і забезпечили деяке покращення порівняно з контролем, суттєвого впливу на загальний результат не мали.

Таким чином, результати експерименту свідчать про високу ефективність протруйника Максим XL 035 FS у системі захисту ярого ріпаку. Його застосування в агроекологічних умовах Полісся України забезпечує не лише значне зниження фітопатологічного тиску, а й стабільне підвищення врожайності, поліпшення якісного складу насіння та збільшення кількості олії,

що може бути отримана з одного гектара. Такий результат є вагомим аргументом на користь інтегрованого підходу до передпосівного протруювання насіння із застосуванням високоефективних фунгіцидних препаратів нового покоління.

1.2 Технічні та технологічні вимоги до процесу протруювання насіння перед висівом

Ефективність передпосівного протруювання насіння значною мірою визначається комплексом технологічних та агрономічних чинників. Насамперед, це стосується точності дотримання дозування препарату: лише за умов чіткого розрахунку кількості діючої речовини на заданий об'єм посівного матеріалу можна забезпечити оптимальний захист від ґрунтових і насінневих інфекцій. Кожне окреме зерно має отримати однакову кількість протруйника, причому ця речовина повинна рівномірно покривати всю його поверхню, не утворюючи скупчень або «порожніх» зон.

Не менш важливою вимогою до процесу обробки є надійне прилипання препарату до насіннєвої оболонки. У реальних умовах насіння проходить через ряд механічних впливів – фасування, транспортування, навантаження у сівалки та посів у ґрунт. Усі ці дії створюють ризик втрати частини захисної речовини, особливо якщо якість прилипання була недостатньою. Саме тому важливо використовувати сучасні формуляції препаратів, які мають високу адгезію до поверхні насіння, наприклад, полімерні суспензії або мікрокапсульовані форми.

У випадку технічно досконалого протруювання, кожне зерно рівномірно покрите діючою речовиною, а сама обробка забезпечує стабільне збереження препарату до моменту проростання. Такий рівень якості можливий лише за умови урахування впливу низки чинників, серед яких особливу увагу слід приділити трьом компонентам: властивостям препарату, типу обладнання для протруювання і якості самого насіннєвого матеріалу.

Якість посівного матеріалу має принципове значення, навіть якщо вона безпосередньо не впливає на технічні характеристики обробки. Насіння повинно бути чистого сорту, мати високу лабораторну схожість, енергію проростання та бути повністю придатним для польового висіву. Всі ці характеристики є критично важливими для формування дружніх і рівномірних сходів, що, своєю чергою, визначає рівень початкового фітосанітарного і фізіологічного стану рослин.

Особливу проблему становить наявність у насінні пилу, лусочок і дрібних фрагментів зерна. Ці частинки мають велику питому поверхню, тому активно поглинають діючі речовини протруйника, знижуючи їх фактичну концентрацію на повноцінному насінні. В результаті значна частина препарату витрачається на обробку баластного матеріалу, тоді як зерно отримує лише частковий захист. Цей ефект особливо небезпечний за використання біопрепаратів або малотоксичних засобів, де навіть незначна втрата діючої речовини може вплинути на ефективність обробки.

Щоб мінімізувати втрати препарату і забезпечити якісне знезараження, необхідно не лише ретельно очищати насіння перед протруюванням, а й враховувати його подальший шлях транспортування. Під час перевезень на елеваторах, через тертя та вібрації, у насіннєвій масі знову з'являються пилоподібні домішки. Тому доцільно перед самим протруюванням провести додаткове очищення, що дозволить уникнути осідання препарату на пилі й забезпечити максимальне покриття кожного зерна.

Застосування сучасних протруйників, таких як Sedaxane + Fludioxonil + Metalaxyl-M (Вібренса), або Fluopyram + Prothioconazole (Селест Топ), значно покращує якість обробки завдяки інноваційним формулам, що забезпечують рівномірне розподілення по насінню, стабільну фіксацію препарату та тривалий захист. Однак навіть найкращий препарат не гарантує ефективного захисту, якщо не дотримано агротехнічних вимог до стану посівного матеріалу. Саме тому комплексний підхід до передпосівної підготовки має бути основою для досягнення високих результатів у технології вирощування культур.

У непідготовленому насіннєвому матеріалі, який не пройшов процедуру передпосівного знезараження, наявність пилоподібних домішок і дрібних фракцій зерна зазвичай малопомітна. Однак після нанесення протруйника ці сторонні включення стають явно видимими у вигляді згустків, що мають інтенсивне забарвлення внаслідок накопичення препарату на пилу. У таких випадках візуально можна ідентифікувати недооброблені або недостатньо очищені насінини – вони покриті нерівномірними плямами, на відміну від чистих, повноцінно оброблених зерен, які демонструють рівномірне забарвлення по всій поверхні.

Одним із важливих фізичних показників, що впливають на ефективність нанесення протруйника, є об'ємна маса посівного матеріалу – тобто маса одного гектолітра насіння. Не менш значущою є і маса тисячі зерен, яка характеризує середню вагу одного насіннєвого зразка. Під час протруювання на кожне зерно наноситься надзвичайно мала кількість робочого розчину – в межах мікролітрів. Тому при високій масі тисячі зерен необхідно обробляти меншу кількість насіння тією ж самою кількістю препарату, що автоматично підвищує рівень захисту кожної зернини, забезпечуючи рівномірне покриття.

У випадку з ячменем додаткову складність становить наявність остів, які значно впливають на якість обробки. З одного боку, їхнє видалення покращує рівномірність нанесення протруйника, однак при цьому важливо не пошкодити колоскові лусочки. Повністю оголене зерно втрачає природний захисний бар'єр, через що можливе передозування діючої речовини, що спричиняє фітотоксичність або пошкодження тканин. Навпаки, насіння, яке частково зберегло лусочки, може виявитися недостатньо захищеним, оскільки активна речовина не проникає до самого ендосперму. Аналогічна проблема спостерігається і у вівса, особливо у фракціях із частково збереженою оболонкою.

Оцінити якість протруювання можна й візуально, однак цей метод має обмеження. Насамперед увага звертається на однорідність забарвлення насіння. У випадку, коли посівна партія включає зерна з різними відтінками (наприклад,

світлі та темні), навіть після обробки вона здається менш рівномірною. Проте цей ефект є суто оптичним і не завжди свідчить про порушення технології. Насправді реальна якість протруювання визначається не кольором, а ступенем розподілу препарату та ефективністю його фіксації.

Недоліки у фізичних властивостях насіння можуть значною мірою ускладнити процес передпосівної обробки. Зниження маси тисячі зерен і об'ємної маси зазвичай вказує на наявність великої кількості дрібних і легких фракцій, які не тільки поглинають більшість препарату, але й ускладнюють процес автоматизованої подачі насіння у протруювальні машини та сівалки. Зерно з надмірною шорсткістю поверхні, а також те, що має значну кількість мікроподряпин або залишків лусочок, створює додатковий опір у транспортних системах і може порушити дозування протруйника. Особливо гостро ця проблема проявляється у вологому середовищі, коли робочий розчин має тенденцію утворювати плівки, нерівномірно осідаючи на поверхні насіння.

Крім того, погано структурований посівний матеріал може негативно впливати на якість завантаження, уповільнювати протікання насіння через системи шнеків, бункерів та сівалок. Це не лише знижує ефективність технологічного процесу, а й створює ризики нерівномірного висіву в полі, що у кінцевому підсумку позначається на густоті сходів та загальній продуктивності культури.

Таким чином, підготовка насіння до протруювання має охоплювати не лише вибір якісного препарату, але й контроль усіх параметрів самого посівного матеріалу. Лише в умовах ретельного очищення, дотримання агрономічних норм і використання правильно налаштованого обладнання можна досягти високої ефективності протруювання як ключового етапу в технології вирощування зернових культур.

1.3 Конструкційні особливості та принцип дії шнекового протруювача насіння

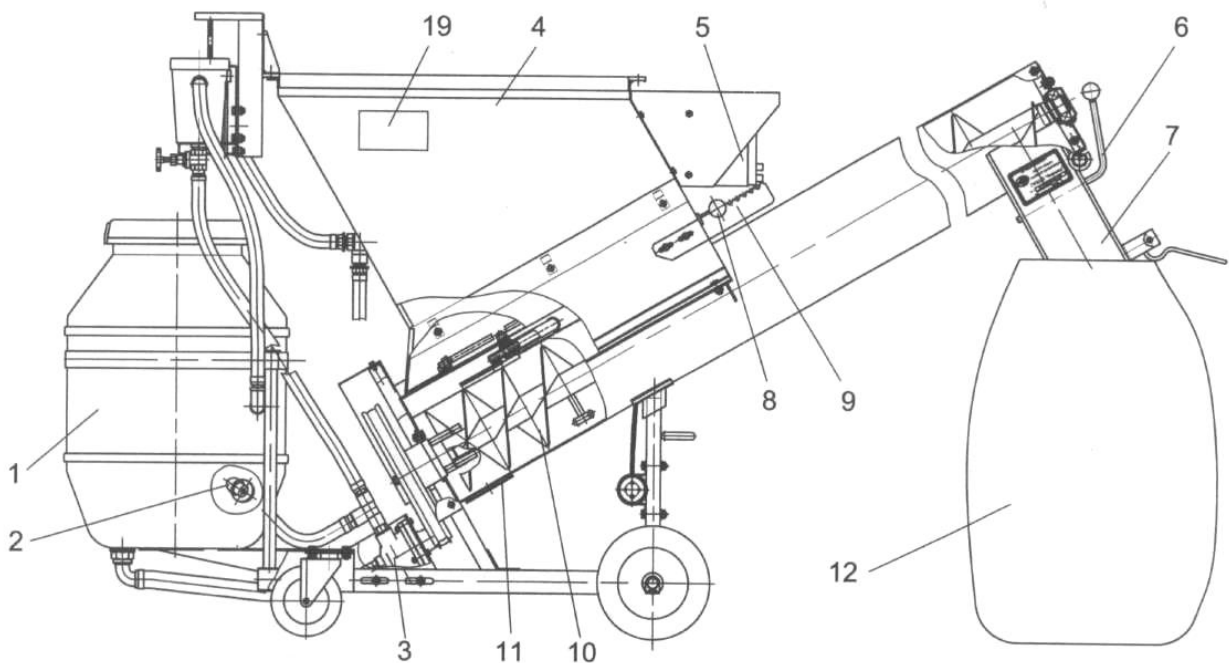
Сучасна технологія захисту посівного матеріалу передбачає використання спеціалізованого обладнання для точного та ефективного нанесення протруйників на насіння. Одним із представників таких машин є шнековий протруювач ПНШ-3 "Фермер", який призначений для вологого протруювання насіння зернових та зернобобових культур за допомогою водних розчинів або суспензій хімічних засобів захисту рослин, дозволених до використання відповідно до чинного національного реєстру. За своїми виробничими характеристиками цей агрегат оптимально підходить для невеликих та середніх сільськогосподарських підприємств, де обсяг посівних площ у межах одного сезону не перевищує 500 гектарів.

За конструкцією машина є мобільною – встановлена на трьох колесах, з яких переднє є поворотним, що забезпечує зручність переміщення на різні ділянки господарства. Агрегат комплектується низкою функціональних вузлів, кожен з яких виконує окрему роль у процесі підготовки та обробки насіння. До складу протруювача входять: герметичний бак із гідравлічною мішалкою, який забезпечує однорідність робочої рідини; насос, що створює тиск для подачі рідини; дозувальний пристрій для точного регулювання витрат протруйника; вимірювальний циліндр; завантажувальний бункер із регульованою подачею насіння, а також змішувальний шнек, який здійснює безпосереднє покриття зерен препаратом і подальше вивантаження.

Живлення агрегата здійснюється від мережі трифазного змінного струму з напругою 380 В, що забезпечує стабільну роботу електричних вузлів і високий рівень надійності системи дозування та перемішування. Перед початком робіт оператору необхідно встановити оптимальну продуктивність агрегата відповідно до обсягів обробки, а також налаштувати дозування робочої рідини згідно з нормами витрати на одиницю маси насіння.

Протруювач ПНШ-3 виконує повний цикл обробки – від приготування розчину до знезараження зерна та його подальшого фасування. Робоча рідина

готується безпосередньо у баку, куди заливаються рекомендовані препарати та вода у відповідному співвідношенні. Далі розчин подається до шнекового змішувача, де відбувається рівномірне нанесення на насіння, яке рухається крізь систему. Завдяки постійному перемішуванню та регульованому тиску розчину, кожне зерно покривається заданою кількістю протруйника. Вже оброблене насіння направляється до вихідного отвору, звідки автоматично потрапляє у мішки або транспортні ємності.



1 – бак; 2 – мішалка; 3 – насос; 4 – бункер насіння; 5 – пульт керування;
6 – заслінка перекидна; 7 – горловина вивантажувальна; 8 – тяга дозатора насіння; 9 – шкала дозатора насіння; 10 – змішувач шнековий; 11 – люк для профілактики змішувача; 12 – мішкотара; 13 – дозатор рідини, в т.ч.: 13.1 – кран; 13.2 – вентиль; 13.3 – бачок постійного рівня; 13.4 – мітка рівня; 13.5 – регулятор рівня робочої рідини; 13.6 – шкала; 13.7 – рукав переливу; 13.8 – заглушка; 14 – кран мішалки; 15 – електродвигун; 16 – кран трьохходовий; 17 – рукав зливний; 18 – рукав подачі рідини в змішувач шнековий; 19 – таблиця настройки; 20 – кран; 21 – кран

Рисунок 1.1 – Протруювач насіння шнековий ПНШ-3 "Фермер"
(вигляд збоку)

Машина працює в двох технологічних режимах. У першому – налагодочному – оператор проводить перевірку справності вузлів, тестує точність дозування, а також виконує змішування препаратів до утворення робочого

розчину. У другому – основному режимі – відбувається безперервне протруювання та паралельне вивантаження насіння.

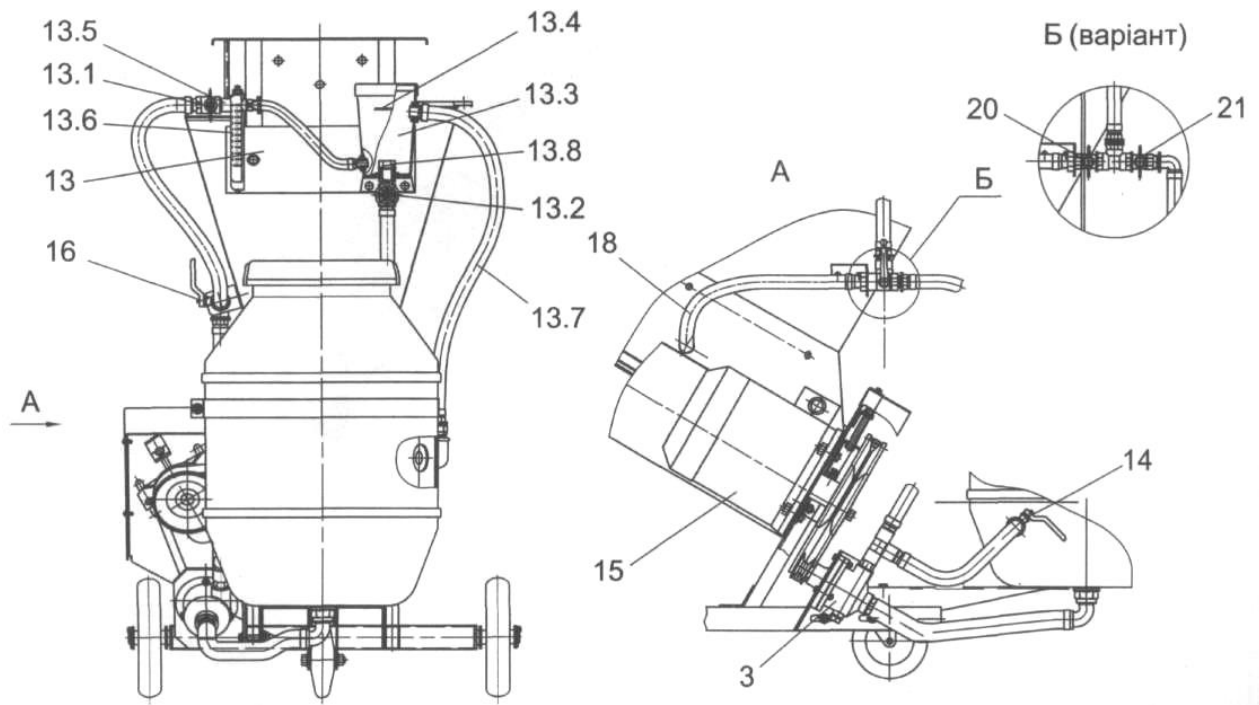


Рисунок 1.2 – Протруювач насіння шнековий ПНШ-3 "Фермер" (вигляд спереду) (пояснення наведено під рис. 1.1)

Таким чином, ПНШ-3 "Фермер" поєднує мобільність, простоту конструкції та високу функціональність, що дозволяє ефективно використовувати його в умовах малих і середніх агропідприємств. Його застосування значно підвищує рівень захисту посівного матеріалу, забезпечуючи рівномірність обробки, мінімізацію втрат препарату та збереження біологічної цінності насіння

У процесі підготовки до передпосівного знезараження насіння надзвичайно важливим етапом є правильний вибір і точне дозування препарату, що залежить від його наявності в господарстві, а також від типу культури, яка підлягає обробці. Відповідно до рекомендацій щодо застосування засобів захисту рослин, що містяться в чинних нормативно-технічних документах, для кожного протруйника визначається оптимальна норма витрати на одну тону насіннєвого матеріалу. Дотримання цієї норми має вирішальне значення для

забезпечення ефективного захисту посівів і уникнення фітотоксичного навантаження на молоді рослини.

Приготування робочого розчину здійснюється безпосередньо у спеціальному резервуарі (позначеному на схемі як бак 1), де за відповідною методикою, описаною у сьомому розділі даного посібника, змішуються вода та обраний препарат у точному співвідношенні. Для забезпечення однорідності рідини використовується гідромішалка, що не допускає випадання активної речовини в осад під час роботи.

Подача робочої рідини до змішувального вузла здійснюється з допомогою насосного агрегата, який, після активації електродвигуна, створює тиск і направляє розчин до дозувального пристрою. Останній, у свою чергу, точно регулює кількість поданої рідини відповідно до налаштувань, здійснених оператором. Регулювання здійснюється за допомогою спеціального елемента – дозатора (позначеного на схемі як 13), який також контролює рівень рідини та стабілізує її подачу до основної системи.

Паралельно із забезпеченням подачі розчину здійснюється завантаження насіння. Воно подається у бункер вручну або з використанням механізованих засобів (наприклад, транспортерів, норій). У нижній частині бункера розміщено заслінку, положення якої визначає інтенсивність подачі насіння до змішувального шнека. Заслінка регулюється за допомогою приводу з тягою, що дає змогу встановити бажану продуктивність обробки згідно з каліброваною шкалою. Таким чином досягається узгодженість між витратою робочої рідини та масою насіння, що надходить на обробку.

Коли всі механізми уведені в дію через пульт керування, рідина з бака спрямовується насосом до дозатора, далі – через регулятор рівня і трьохходовий кран – надходить до змішувача. Одночасно через регульований отвір подається насіння. У змішувачі, завдяки руху шнека, забезпечується рівномірне нанесення робочого розчину на кожне зерно. Інтенсивне перемішування не тільки сприяє покриттю всієї поверхні зерен, а й запобігає осіданню препарату та втратам діючої речовини.

Оброблене насіння далі переміщується до вивантажувальної горловини, з якої по черзі подається в один із мішків, закріплених на кінцевій ділянці агрегата. Перемикання між мішками здійснюється за допомогою перекидної заслінки, що дозволяє оператору безперервно проводити процес фасування. Для надійної фіксації тари використовуються пружинні затискачі, які запобігають випаданню або перекосу мішків під час заповнення.

Злагоджена робота всіх вузлів протруювача, точне налаштування витрати рідини та продуктивності подачі насіння дозволяє досягти високої якості знезараження. Це є необхідною умовою для формування здорового, життєздатного посівного матеріалу, який забезпечить дружні сходи та стійкість до ґрунтових інфекцій у початковій фазі росту культури.

1.4 Огляд конструкцій протруювачів-аналогів

У галузі сільськогосподарського машинобудування існує низка зразків обладнання, призначених для передпосівного протруювання насіння, які можуть бути використані як альтернативи або доповнення до базових моделей. Серед найбільш поширених аналогів – універсальні машини самохідного типу, що об'єднують мобільність, високу продуктивність і повну автоматизацію основних технологічних операцій.

Однією з таких машин є **протруювач насіння ПСС-20**, який позиціонується як повнофункціональний мобільний комплекс для хімічного знезараження насіннєвого матеріалу зернових, зернобобових та технічних культур. Конструктивно машина забезпечує безперервне виконання усіх етапів – від забору насіння до його обробки та фасування – без необхідності зупинки агрегата. Завдяки наявності самохідного приводу, машина здатна переміщатися між місцями завантаження, протруювання і вивантаження, що значно підвищує її функціональну ефективність.

За одну годину основного робочого часу ПСС-20 може обробити до 20 тонн насіння, а з урахуванням усіх підготовчих і допоміжних операцій – близько 16,6 тонн. При цьому швидкість її пересування під час обробки становить від 0,01 до 0,1 м/с, а в транспортному режимі – до 0,4 м/с. Конструкційна маса машини становить приблизно 800 кг, а експлуатаційна – близько 1000 кг, що дозволяє транспортувати її без використання важкої техніки. Габарити агрегата в транспортному положенні не перевищують 5,65 м у довжину, 2,22 м у ширину і 3 м у висоту, що забезпечує зручність його зберігання та переміщення.

Живлення протруювача здійснюється від електромережі змінного струму напругою 380 В із частотою 50 Гц. Усі електроприводи базуються на асинхронних двигунах із загальною потужністю 6,07 кВт. За умови правильної експлуатації машина гарантує повноту протруювання до 100% із допустимою варіацією $\pm 20\%$. Нерівномірність нанесення протруйника та робочого розчину не перевищує 5%, а механічне пошкодження насіння та підвищення його вологості залишаються в межах 1%.

Машина оснащена мембранним насосом-дозатором із максимальною подачею до 10 л/хв, що забезпечує точне дозування рідини. Розпилення препарату здійснюється дисковим пристроєм з діаметром 160 мм, який обертається зі швидкістю до 2850 обертів за секунду. Об'єм робочого бака становить 200 літрів, бак виконано з міцного склопластику, що гарантує довговічність і стійкість до агресивних речовин. Зерноприймальний бункер також виготовлений зі склопластику й вміщує до 125 дм³ насіння. Для транспортування обробленого матеріалу використовується дисковий механізм діаметром 384 мм із частотою обертання до 145 с⁻¹. Очікуваний термін служби ПСС-20 складає не менше 10 років.

Ще одним сучасним представником машин для передпосівної обробки є протруювач виробництва компанії KLEVER, який забезпечує вологе знезараження насіння із одночасним покриттям кожної насінини препаратом для захисту від патогенів, що передаються через насіннєвий матеріал. Машина

працює в режимі мобільного комплексу з можливістю безпосереднього завантаження насіння з буртів або складів, а також вивантаження у транспортні засоби чи мішкотару.

Продуктивність протруювача KLEVER аналогічна ПСС-20 і становить до 20 тонн за годину основного часу, при цьому ширина захвату – 4 метри. Маса машини без урахування упаковки і запасних частин не перевищує 850 кг. У робочому положенні її габарити сягають 5,1 м у довжину, 4,1 м у ширину та 2 м у висоту. Робоча швидкість агрегата становить до 0,35 км/год, а при транспортуванні на буксирі вона не перевищує 5 км/год.

Живлення машини здійснюється від електродвигуна через насос типу «Кама» потужністю 0,4 кВт, загальне споживання електроенергії – близько 6,6 кВт. Технологічні показники якості обробки відповідають високим стандартам: підвищення вологості насіння не перевищує 1%, механічне пошкодження – до 0,3%, а повнота покриття препаратом – 100% із допустимим відхиленням у межах 5%.

Для транспортування та подачі насіння в машині використовується система з ланцюговими транспортерами, які мають відповідно 30 і 27 скребків, із розмірами 100×260 мм. Рух скребків відбувається зі швидкістю до 0,05 м/с у живильниках та до 1,7 м/с у транспортерах. Крок їх розміщення в ланцюзі становить 228 мм. Термін служби машини компанії KLEVER розрахований на 7 років інтенсивного використання.

Узагальнюючи, можна стверджувати, що обидва розглянуті протруювачі – ПСС-20 та KLEVER – є високотехнологічними, продуктивними й надійними агрегатами, придатними для широкого використання у фермерських господарствах і великих аграрних підприємствах. Вони забезпечують належну якість знезараження, ефективне дозування препаратів та мінімізують витрати ручної праці.

Ефективність роботи протруювача насіння визначається не лише якістю знезараження, а й гнучкістю конструкції, ергономікою, надійністю основних вузлів та адаптивністю до різних виробничих умов. Однією з конструктивних

переваг, що вирізняє протруювач насіння компанії **KLEVER**, є можливість повороту протруювальної головки на кут до 120° у кожен бік. Завдяки цьому забезпечується максимальна зручність при підключенні агрегата до різних джерел насіння, незалежно від конфігурації майданчика чи розташування буртів, що значно розширює сферу його застосування та спрощує щоденну експлуатацію.

Основою машини служить надійна зварна рама, змонтована на триколісній ходовій частині, що забезпечує стабільність і мобільність навіть на нерівних виробничих площах. При цьому колеса виконують не лише функцію транспортування, а й відіграють роль стабілізаторів при тривалому статичному навантаженні.

Контроль рівня насіння в бункері реалізовано через два кінцеві вимикачі, що дозволяють автоматично відслідковувати об'єм подачі до змішувальної камери. Таке рішення запобігає перенавантаженню системи, підтримує постійний темп подачі та сприяє більш рівномірному покриттю кожної насінини.

Бункер має сучасну конструкцію з інтегрованими форсунками для розпилення робочого розчину, а також оснащений заслінкою, що дозволяє точно регулювати дозування насіння, яке подається в змішувальну камеру. Сам бункер виконує функцію буферної ємності, забезпечуючи безперервну подачу насіннєвого матеріалу до обробки.

У конструкції передбачена окрема система електроприводів для кожного функціонального вузла. Загалом протруювач оснащено чотирма електродвигунами: один відповідає за привід шнека вивантаження обробленого насіння, другий – за завантажувальний транспортер, третій приводить у рух саму машину, а четвертий забезпечує функціонування камери змішування. Такий поділ дозволяє гнучко регулювати режими роботи кожного вузла окремо, що підвищує надійність агрегата та знижує навантаження на окремі компоненти системи.

Для централізованого управління всіма електричними механізмами використовується компактний керувальний щит, у якому встановлено пускозахисну апаратуру. Цей блок виконує функції ввімкнення та вимкнення електродвигунів, захисту від перевантаження, коротких замикань, а також забезпечує захист від самозапуску в разі відновлення живлення – так званий «нульовий захист». Така система відповідає сучасним вимогам безпеки та забезпечує довговічну експлуатацію електричної частини машини.

Ще одним прикладом ефективної та адаптованої для фермерських господарств моделі є універсальний самохідний протруювач ПС-10АМ, який поєднує високу продуктивність, компактність і автоматизовану роботу механізмів. Всі складальні одиниці машини монтуються на міцну раму, встановлену на чотирьох пневматичних колесах, що полегшує транспортування і дозволяє використовувати агрегат без додаткової тягової техніки.

Ширина захоплення підбирача становить 2090 мм, що дає змогу забезпечити стабільне завантаження насіння з буртів чи підлогових складів. Продуктивність ПС-10АМ сягає 22 тонн на годину, а для заповнення стандартної машини типу ЗІЛ-130 достатньо лише 15 хвилин. Об'єм бака для робочої рідини складає 200 літрів, що відповідає середнім нормам для великих фермерських господарств. Витрата суспензії при цьому може регулюватись у широкому діапазоні – від 0,5 до 3,5 літрів на хвилину.

Маса машини не перевищує 800 кг, що дозволяє легко маневрувати на майданчиках з обмеженим простором. Транспортні габарити машини – близько 3 м у довжину, 2,1 м у ширину та 2 м у висоту – роблять її зручною для зберігання та переміщення. Заявлене напрацювання на відмову становить щонайменше 70 годин, що свідчить про надійність та ремонтпридатність основних вузлів.

2 РЕКОМЕНДАЦІЇ З ПОКРАЩЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПРОТРУЮВАННЯ НАСІННЯ

2.1 Підготовка протруювача до роботи

Перед початком експлуатації шнекового протруювача насіння ПНШ-3 "Фермер" необхідно виконати низку технічних і організаційних заходів, спрямованих на забезпечення надійності та безпеки його функціонування. Першочергово здійснюється повна розконсервація машини після тривалого зберігання. Під час цієї процедури перевіряється цілісність конструкції, відсутність корозійних ушкоджень, сторонніх предметів у бункері та баку, а також технічний стан всіх основних вузлів та з'єднань.

Особливу увагу слід приділити правильності натягу пасової передачі та фіксації шлангових з'єднань. Усі електричні кабелі повинні бути надійно закріплені, без пошкоджень ізоляції, а точки приєднання – зачищені та підготовлені до підключення.

Підключення електроживлення здійснюється за наступною схемою: розетку типу РШ-32 слід змонтувати на стіні або інший стаціонарній опорі біля місця експлуатації агрегата, підключивши її до трифазної мережі змінного струму напругою 380 В через автоматичний вимикач або плавкі запобіжники, розраховані на струм не більше 25 А. Далі здійснюється під'єднання силового кабелю ПНШ-3.00.100: його один кінець із розеткою ГП з'єднується з фіксованим кабелем машини, що має вилку ВП, а другий – з розеткою РШ-32 через вилку типу ВШ-32.

Коли електроживлення підключено, можна переходити до етапу пуско-налагоджувальних робіт, які включають перевірку працездатності електросистеми та всіх механізмів протруювача. За допомогою важеля слід активувати запобіжний вимикач, що відповідає за подачу струму. Після активації необхідно перевірити його функціонування – для цього натискається

кнопка тестового відключення: вимикач повинен спрацювати й відключити систему.

Після перевірки захисту повторно подається живлення, і запускається електродвигун за допомогою пускової кнопки. Обов'язковим є візуальний контроль напрямку обертання двигуна – вал має рухатись у напрямку, який зазначений на маркуванні захисного кожуха шківів. У свою чергу, змішувальний шнек повинен обертатися проти годинникової стрілки, якщо дивитися зі сторони бака та системи подачі робочого розчину.

На наступному етапі виконується обкатка машини. У бак заливається від 10 до 15 літрів чистої води. Протруювач запускається в холостому режимі, без завантаження насіння, і працює протягом 5–7 хвилин. Під час роботи агрегат не повинен видавати сторонніх звуків, вібрацій або стуків – це свідчитиме про правильну установку шнека та відсутність тертя об його корпус. Додатково виконується діагностика температурного режиму: двигун і підшипникові вузли не повинні перегріватися – допустима робоча температура не повинна перевищувати 85°C.

У випадку необхідності короткочасного вимкнення агрегата, зупинка здійснюється за допомогою відповідної кнопки на пульті керування. Якщо планується тривале припинення роботи, технічне обслуговування або ремонт, протруювач обов'язково слід повністю знеструмити шляхом відключення запобіжного вимикача і фізичного від'єднання від джерела живлення.

Якісна підготовка до роботи, з дотриманням зазначеної послідовності дій, є запорукою довготривалої та безаварійної експлуатації машини. Вона дозволяє попередити механічні пошкодження, забезпечити ефективне функціонування дозуючих та змішувальних вузлів і гарантувати високий рівень безпеки для обслуговуючого персоналу.

2.2 Експлуатація, регулювання та завершення роботи протруювача

Для забезпечення ефективної та безпечної роботи шнекового протруювача насіння необхідно суворо дотримуватись регламенту експлуатації, який передбачає як підготовчі, так і виробничі процедури. Протруювання насіння повинно здійснюватись виключно в спеціально облаштованих місцях – під навісом або всередині закритих приміщень із рівною горизонтальною поверхнею. Зберігання агрегата на відкритих ділянках неприпустиме, оскільки це може спричинити ушкодження електричних і гідравлічних систем внаслідок впливу вологи та ультрафіолету.

На етапі приготування робочого розчину важливо враховувати фізико-хімічні властивості препарату та його препаративну форму. У технології передпосівного захисту насіння застосовуються засоби на основі водних розчинів, суспензій, емульсій або порошкових сумішей. Пропорції розведення препаратів визначаються рекомендованими нормами витрати на одну тону насіння. Зокрема, якщо використовується концентрат із нормою до 2 кг/т, препарат ретельно перемішують з водою в об'ємі, що дозволяє отримати приблизно 10 літрів розчину на одну обробку. Для порошкоподібних засобів із вищими нормами внесення (3 кг/т і більше) об'єм води збільшують до співвідношення не менш як 5 л на кожен кілограм препарату, щоб забезпечити повну дисперсію та уникнути осідання речовини.

Сам процес протруювання передбачає чітко визначену послідовність дій. Насіння завантажується в бункер агрегата, після чого налаштовується рівень подачі робочої рідини за шкалою регулятора. На вивантажувальну горловину закріплюються два порожні мішки для фасування обробленого зерна. За допомогою трьохходового крана спрямовується потік робочої рідини у шнековий змішувач, де одночасно подається і насіння. У цьому вузлі відбувається рівномірне нанесення захисного препарату на кожне зерно.

Під час роботи важливо контролювати процес наповнення мішків та своєчасно замінювати їх на порожні, аби уникнути перевантаження системи. Управління напрямом потоку насіння здійснюється за допомогою перекидної

заслінки, що дає змогу чергувати мішки без зупинки машини. У разі зупинки протруювача перед повторним запуском слід обов'язково перевірити актуальну витрату робочого розчину. При необхідності проводиться повторне калібрування дозатора, оскільки навіть незначне відхилення у дозуванні може вплинути на ефективність знезараження.

Особливу увагу слід приділити попередженню перевантаження шнека. Переповнення мішків створює надлишкове навантаження на механізм, що призводить до перегріву електродвигуна і може спричинити його аварійну зупинку або поломку. Ще одним критичним параметром є об'єм залишкової рідини в баку. Якщо він менше 10 літрів, необхідно перекрити подачу за допомогою гідравлічного крана та регулювального вентиля, щоб стабілізувати рівень розчину у бачку постійного рівня.

Для точного налаштування протруювача згідно з продуктивністю слід орієнтуватися на спеціальні таблиці, розміщені безпосередньо на корпусі бункера. Ці дані дозволяють підібрати режим відповідно до обраного типу насіння і використовуваного препарату.

Після завершення роботи проводиться повне очищення агрегата. Технологічний люк відкривається для вивантаження залишків насіння. Усі залишки робочої рідини необхідно злити з дозувальних і насосних систем у заздалегідь підготовлену ємність. Ці залишки допускається використовувати для приготування нових порцій розчину при наступному сеансі протруювання, за умови їхньої придатності та збереження властивостей.

Зовнішні частини машини після завершення процесу очищуються вручну – протираються вологою ганчіркою, без використання струменевої води, щоб уникнути потрапляння вологи в електричні вузли. Агрегат після промивання має зберігатися в сухому, добре вентильованому приміщенні до наступного використання.

Систематичне дотримання правил експлуатації, технічного обслуговування та регулювання протруювача є запорукою стабільної, довговічної та безаварійної роботи обладнання, а також дозволяє забезпечити

рівномірну якість знезараження насіння і високий фітосанітарний рівень майбутніх посівів.

2.3 Обґрунтування конструктивних змін

Підвищення конкурентоспроможності техніки вітчизняного виробництва залишається одним із ключових завдань у сфері сільськогосподарського машинобудування. Щоб успішно конкурувати з імпортними аналогами, сучасні машини повинні відповідати основним критеріям ефективності – забезпечувати стабільно високу якість виконання технологічного процесу, бути надійними в експлуатації та доступними за вартістю для широкого кола споживачів. У контексті протруювального обладнання це означає точність дозування робочого розчину, рівномірність нанесення препарату, мінімальні втрати насіння, простоту обслуговування та енергоефективність.

У рамках модернізації шнекового протруювача ПНШ-3 було прийнято рішення оновити систему дозування робочої рідини, замінивши традиційний черпаковий дозатор на більш сучасний і технологічно простий дозатор рівня. Така заміна не є формальною, вона ґрунтується на техніко-функціональному аналізі недоліків попередньої конструкції.

У традиційній черпаковій системі подачі рідини процес дозування безпосередньо залежить від частоти обертання приводу. Це означає, що при зміні навантаження на вивантажувальний шнек – наприклад, під час затримок чи надмірного тиску насіння – відбувається зниження обертів приводу. Відповідно, зменшується швидкість обертання черпаків, що призводить до зниження подачі робочого розчину на насіння. Така нерівномірність створює ризики недотримання заданої норми витрати протруйника, що напряму впливає на якість протруювання, порушує агрономічні вимоги й знижує захищеність насіннєвого матеріалу.

Альтернативне рішення – дозатор рівня – позбавлений цього недоліку завдяки іншому принципу роботи. У даній конструкції робочий розчин подається насосом у мірний бачок, який виконує роль стабілізатора потоку. Верхній отвір бачка дозволяє надлишкам рідини переливатися назад у основний бак, підтримуючи сталий рівень у резервуарі, тоді як нижній вихід слугує для направлення робочої рідини в розпилююче сопло. Регулювання об'єму подачі здійснюється за допомогою зміни положення перепускного вентиля. Якщо точка виходу системи знаходиться вище рівня рідини у бачку, подача припиняється. Зі зниженням положення цієї точки дозування відновлюється і поступово збільшується відповідно до висоти перепаду.

Такий підхід має кілька очевидних переваг. Насамперед, дозатор рівня не залежить від частоти обертання механізмів, що забезпечує сталість витрати навіть при змінних навантаженнях або незначних коливаннях у роботі машини. Окрім того, сама конструкція є значно простішою, оскільки не потребує додаткових механічних приводів, що, в свою чергу, знижує загальну собівартість виготовлення агрегата. Зменшення кількості рухомих частин автоматично підвищує надійність роботи машини, а спрощення обслуговування – робить її більш привабливою для фермерських господарств.

Таким чином, впровадження дозатора рівня замість черпакової системи у протруювач ПНШ-3 дозволяє досягти одразу кількох стратегічних цілей: підвищити точність дозування, забезпечити стабільність якості протруювання, знизити енергозалежність дозувальної системи від інших вузлів машини, а також оптимізувати витрати на виробництво і технічне обслуговування. Це безпосередньо сприяє підвищенню технічного рівня протруювача, а відповідно і конкурентоспроможності вітчизняної техніки на внутрішньому і зовнішньому ринку.

2.4 Технологічні розрахунки протруювача

У процесі протруювання насіння важливим етапом є правильне приготування робочого розчину, який складається з визначеної кількості протруйника (в рідкій або порошковій формі) та розчинника – зазвичай води. Від точності цих розрахунків залежить якість нанесення препарату, рівномірність обробки насіння та дотримання агротехнічних вимог щодо безпеки й ефективності.

Якщо норми витрати препарату q (у л/т або кг/т) та норми витрати робочої рідини q_p (у л/т) не представлені у довідковій таблиці (див. розділ 1.2), то кількість препарату, яку потрібно ввести у повний об'єм бака протруювача (наприклад, 50 л), визначають за аналітичним співвідношенням

$$Q = \frac{50 \cdot q}{q_p} \text{ кг (л)} \quad (2.1)$$

де: Q – кількість препарату, що необхідна для приготування повного об'єму робочої рідини (у літрах або кілограмах залежно від агрегатного стану);

q – норма витрати препарату на одну тонну насіння;

q_p – норма витрати робочого розчину на одну тонну насіння.

Для рідких форм пестицидів прийнято вважати, що $q_p=10$ л/т, а для порошкоподібних препаратів – $q_p=15$ л/т., що обумовлено необхідністю кращого розчинення твердих частинок та рівномірного розподілу по поверхні зерна.

Якщо відомо, що норма витрати препарату $q=0,3$ л/т, а витрата робочої рідини $q_p=10$ л/т, тоді кількість препарату для повного бака (50 л) становитиме

$$Q = \frac{50 \cdot 0,3}{10} = 1,5 \text{ л.}$$

Таким чином, у бак об'ємом 50 літрів необхідно влити 1,5 літра препарату і долити воду до зазначеного рівня, щоб досягти загального об'єму.

У випадках, коли планується обробка невеликої кількості насіння, розрахунки проводяться з урахуванням заданої маси партії. У цьому випадку обчислюється окрема кількість препарату за формулою

$$Q = M \cdot q, \quad (2.2)$$

де Q – кількість препарату, л(кг);

q – норма витрати препарату на тонну насіння

M – маса насіння, що підлягає обробці (у тонах).

Після цього розраховується необхідний об'єм робочого розчину

$$V = M \cdot q_p, \text{ л} \quad (2.3)$$

Для обробки 1,5 тонни насіння, використовуючи рідкий препарат із нормою внесення $q=2$ л/т, за умови, що обрана норма витрати робочої рідини становить $q_p=10$ л/т.

Кількість препарату, яку потрібно використати

$$Q = 1.5 \cdot 2 = 3 \text{ л};$$

Кількість робочого розчину, яку потрібно приготувати

$$V = 1.5 \cdot 10 = 15 \text{ л.}$$

Отже, для приготування робочої рідини слід відміряти 3 літри препарату та додати 12 літрів води, щоб довести загальний об'єм до 15 літрів.

Такі розрахунки забезпечують точне дотримання агрономічних норм і дозволяють досягти високої ефективності знезараження без перевитрати препарату або недостатнього покриття насіння. Рекомендується проводити всі обчислення перед кожним приготуванням нової партії робочої рідини, враховуючи змінні параметри: об'єм бака, тип препарату, норми витрат і масу насіння.

Приготування робочої рідини та регулювання подачі насіння.

Для досягнення високої якості знезараження насіння необхідно правильно організувати процес приготування робочої рідини, яка складається з протруйника та води. Залежно від форми препарату (рідка або порошкоподібна) методика приготування дещо різниться, але у кожному випадку обов'язковою умовою є використання гідравлічної мішалки для забезпечення рівномірної концентрації діючої речовини в об'ємі бака.

Під час приготування робочої рідини на основі рідких препаратів спочатку необхідно встановити ручку крана дозатора (13.1) у положення "Закрито", а кран гідравлічної мішалки (14) – у положення "Відкрито". Далі в бак заливається необхідна кількість препарату Q , яку визначають за таблицею або обчислюють за формулою

$$Q = (q \times 50) / q_p \quad (2.4)$$

Після додавання препарату доливають воду до об'єму 50 літрів, увімкнувши мішалку для інтенсивного перемішування.

У разі використання порошкоподібних форм протруйника порядок дій дещо змінюється. Спочатку в бак заливають приблизно 30–35 літрів чистої води, вмикають протруювач і повільно додають половину необхідної кількості порошку Q , визначеної за таблицею або формулою (2.1). Рідину перемішують до повного занурення та диспергування частинок. Потім вносять залишок препарату, доливають воду до повного об'єму 50 л і знову ретельно перемішують до утворення візуально однорідної суспензії.

У тих випадках, коли об'єм обробки менший за повну місткість бака, приготування робочої рідини проводять із урахуванням фактичної маси насіння, норми витрати препарату та рекомендованої витрати рідини. Наприклад, необхідно обробити 3 тонни насіння, використовуючи порошкоподібний препарат із нормою витрати $q = 3,0$ кг/т та $q_p = 15$ л/т.

За формулою (2.2) визначаємо кількість препарату

$$Q = 3,0 \times 3 = 9 \text{ кг}$$

За формулою (2.3) визначаємо об'єм робочої рідини:

$$V = 15 \times 3 = 45 \text{ л.}$$

У бак заливають близько 30 літрів води, поступово засипають половину препарату, перемішують до повного розчинення, потім додають другу половину порошку та доливають воду до об'єму 45 літрів. Перемішування триває до моменту, поки розчин не стане повністю однорідним.

Після приготування робочої рідини наступним етапом є налаштування подачі насіння у змішувальний шнек. Продуктивність подачі залежить від регульованої відмітки на шкалі дозатора насіння та від типу культури. Орієнтовні значення наведено в таблиці 2.1, яка слугує довідковим джерелом для налаштування машини відповідно до потреб виробництва.

Таблиця 2.1 – Налаштування дозатора

Поділка шкали дозатора насіння	Продуктивність протруювача, П, т/год		
	Пшениця	Ячмінь	Овес
1	1,0	0,6	0,4
2	1,5	1,0	0,6
3	2,0	1,3	0,9
4	2,5	1,6	1,0
5	3,0	2,0	1,3

Визначення фактичної продуктивності протруювача.

У процесі експлуатації протруювача надзвичайно важливо визначити його фактичну продуктивність для кожного конкретного типу насіння, враховуючи такі характеристики, як сорт, культура та рівень вологості. Це пояснюється тим, що навіть незначні зміни фізико-механічних властивостей зерна можуть вплинути на швидкість подачі насіння, рівномірність покриття препаратом та загальну якість обробки. Щоб забезпечити відповідність агротехнічним вимогам, фактичну продуктивність необхідно визначати експериментально, проводячи кілька контрольних вимірювань.

Для цього виконують послідовність дій. Спочатку вмикають протруювач, при цьому кран дозатора робочої рідини (13.1) має залишатися закритим, а кран гідравлічної мішалки (14) – відкритим. Далі, переміщуючи тягу (8), закривають заслінку у днищі бункера та засипають необхідну кількість насіння. Порожні мішки для збору насіння на час відбору проб закріплюють на вивантажувальній горловині (7). Після цього встановлюють тягу дозатора насіння на обрану поділку шкали (9) та фіксують проміжок часу, за який насіння вивантажується до мішків.

Визначену кількість зібраного насіння зважують, після чого розраховують фактичну продуктивність за формулою

$$P_{\phi} = 3,6 \frac{m_1 + m_2 + m_3}{t_1 + t_2 + t_3}, \quad (2.5)$$

де P_{ϕ} – фактична середньоарифметична продуктивність протруювача на даній поділці шкали, т/год;

m_1, m_2, m_3 – маса відібраного насіння (у кілограмах);

t_1, t_2, t_3 – час відбору проб (у секундах).

Час зважування слід обирати з урахуванням типорозміру тари для заповнення. У практиці зазвичай проводиться щонайменше три проби для підвищення точності результатів.

Таблиця 2.2– Налаштування протруювача

Препаративна форма	Норма витрати робочої рідини на 1 т насіння, q_p , л /т	Продуктивність протруювача, Π , т/год				
		1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
		Витрата робочої рідини (подача дозатора), q_1 , л/хв				
Рідина	10	0,16	0,25	0,32	0,42	0,50
Порошок	15	0,25	0,35	0,50	0,62	0,75

Після визначення фактичної продуктивності обирається відповідна подача робочої рідини, яка має бути встановлена на дозаторі відповідно до даних таблиці 2.2. У випадку, якщо фактична продуктивність відрізняється від паспортної (таблиця 2.1), необхідно здійснити коригування подачі робочого розчину за формулою

$$q_1 = \frac{\Pi_{\phi} \cdot q_p}{60}, \text{ л/хв.}, \quad (2.6)$$

де q_1 – необхідна продуктивність дозатора робочої рідини, л/хв;

q_p – нормативна витрата робочої рідини на 1 т насіння (л/т);

Π_{ϕ} – фактична продуктивність протруювача, т/год.

Таким чином, підбір оптимального режиму подачі робочої рідини відповідно до реальної продуктивності машини дозволяє досягти високої точності дозування препарату та зберегти якість протруювання на належному рівні навіть за змінних умов експлуатації.

3 ПРОЄКТНА ЧАСТИНА

3.1 Розрахунок дозатора рівня

У процесі модернізації шнекового протруювача ПНШ-3 виникла необхідність удосконалення системи подачі робочої рідини. Попередній варіант дозатора – черпакового типу – виявився надто складним в експлуатації, мав додаткові елементи приводу і характеризувався критичною залежністю від обертів шнека. Зниження швидкості обертання, зумовлене, наприклад, перевантаженням шнека, призводило до зменшення кількості робочої рідини, що подавалась, і, відповідно, до порушення встановленої норми витрати препарату. Це негативно впливало на агрономічні показники якості протруювання насіння.

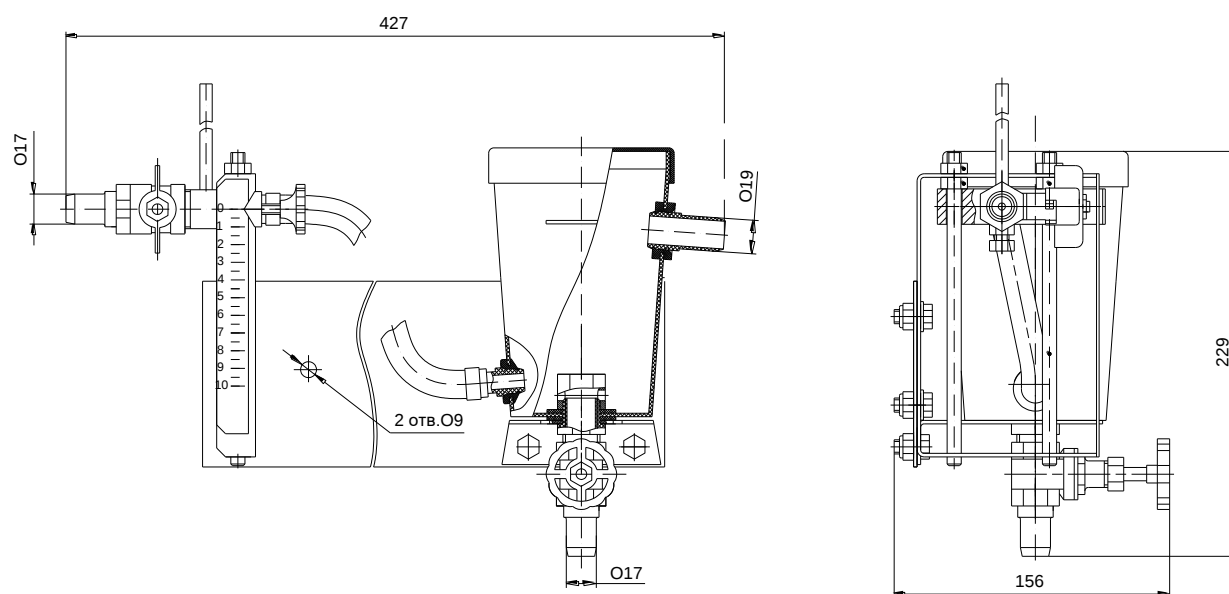


Рисунок 3.1 – Дозатор рівня протруювача

Щоб усунути цю проблему, було запропоновано впровадити дозатор рівня. На відміну від механічного, він працює за гідростатичним принципом і не залежить від роботи приводу. Робоча рідина подається насосом у мірний бачок, з якого через нижній отвір рідина самотіком витікає до сопла, а верхній перелив підтримує сталий рівень. Регулювання норми подачі

відбувається за рахунок зміни положення перепускного крана. Коли вихідна точка системи знаходиться вище рівня рідини в бачку, подача рідини дорівнює нулю; зі зниженням цієї точки норма витрати збільшується.

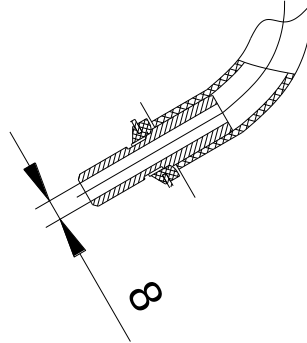


Рисунок 3.2 – Фрагмент системи при монтуванні ніпеля

Для підтвердження працездатності запропонованої ідеї необхідно здійснити розрахунок витрати рідини через вихідний отвір ніпеля. Витрата визначається за класичною формулою вільного витікання рідини з отвору

$$Q = \mu S \sqrt{2gh}, \quad (3.1)$$

де μ – коефіцієнт опору;

S – площа отвору, см^2 ;

h – висота водяного стовпа, см ;

g – прискорення вільного падіння, $\text{см}/\text{с}^2$.

З цієї формули можна визначити площу отвору ніпеля для заданої максимальної витрати. Далі обчислюється діаметр отвору за формулою площі кола

$$S = \frac{0,95}{0,237 \sqrt{2 \cdot 981 \cdot 9}} = 0,503 \text{ см}^2.$$

У результаті розрахунків встановлено, що для забезпечення необхідної продуктивності системи при максимальному рівні рідини доцільно

використовувати ніпель із внутрішнім діаметром 8 мм. Такий розмір забезпечує подачу робочого розчину у заданому діапазоні, не створюючи турбулентності та перевищення норми витрати.

Отже, впровадження дозатора рівня дозволяє усунути нестабільність подачі рідини, спростити конструкцію агрегата та підвищити надійність усього комплексу. Це технічне рішення є ефективним із точки зору простоти, енергонезалежності та точності дозування.

3.2 Настроювання дозатора рівня і витрати робочої рідини

Для забезпечення точного дозування робочої рідини при експлуатації протруювача необхідно встановити шкалу витрати рідини залежно від висоти водяного стовпа у бачку рівня. Це дозволяє користувачеві орієнтуватися на поділки шкали і швидко налаштувати необхідний режим роботи.

Визначення величини витрати проводиться шляхом поступового збільшення висоти водяного стовпа в бачку на кожен сантиметр, починаючи від мінімального значення. Для кожної поділки регулятора рівня обчислюється витрата рідини (у $\text{см}^3/\text{с}$), а потім значення переводиться у літри на хвилину. Результати заносяться до узагальненого довідника – шкали витрати, що значно спрощує подальшу експлуатацію машини.

На підставі проведених обчислень сформовано орієнтовний набір градацій шкали витрати рідини, які мають такий вигляд

Поділka 0 – 0 л/хв;

Поділka 1 – 0,15 л/хв;

Поділka 2 – 0,32 л/хв;

Поділka 3 – 0,45 л/хв;

Поділka 4 – 0,55 л/хв;

Поділka 5 – 0,63 л/хв;

Поділka 6 – 0,71 л/хв;

Поділка 7 – 0,78 л/хв;

Поділка 8 – 0,84 л/хв;

Поділка 9 – 0,90 л/хв;

Поділка 10 – 0,95 л/хв.

Зазначені значення орієнтовані на роботу з водою. При використанні робочих рідин із вищою густиною, що характерно для протруйників, витрата буде дещо меншою – орієнтовно на 20%.

При продуктивності машини до 3 т/год, встановлюється норма витрати 10 л/т для рідких і 15 л/т для порошкових препаратів. Відповідно, необхідно використовувати поділки з 1 по 7, де витрата дозатора не перевищує 0,7 л/хв.

Для налаштування подачі необхідно встановити рівень у бачку (13.3) до мітки (13.4) за допомогою вентиля (13.2), щоб робочий ніпель був повністю занурений у рідину. При цьому стрілка (13.5) повинна знаходитись у положенні '0', і рідина переливатиметься через переливний рукав (13.7) назад у бак.

Далі під переливну трубку підставляється відро або мірна ємність. Триходовий кран (16) повертається для перенаправлення рідини в ємність. Встановлюється поділка на шкалі (13.6), яка відповідає обраній нормі витрати згідно з таблицями або наклейкою (19). Після відкриття крана (13.1) фіксується витікання рідини. За одну хвилину відбирається проба в мірну літрову посудину для верифікації.

Якщо фактична витрата не відповідає очікуваній, потрібно скоригувати положення стрілки: підняття зменшує витрату, опускання – збільшує.

Коли налаштування завершено, отвір у днищі бункера перекривається заслінкою (8), кран дозатора (13.1) закривається, кран мішалки (14) відкривається, а напрям рідини змінюється трьохходовим краном (16) або кранами (20) та (21) для направлення її у змішувач шнековий (10). Після цього машина готова до роботи.

3.3 Розрахунок на міцність бачка рівня

Основним елементом дозатора рівня є бачок рівня або як його ще називають циліндр мірний, рис. 3.3.

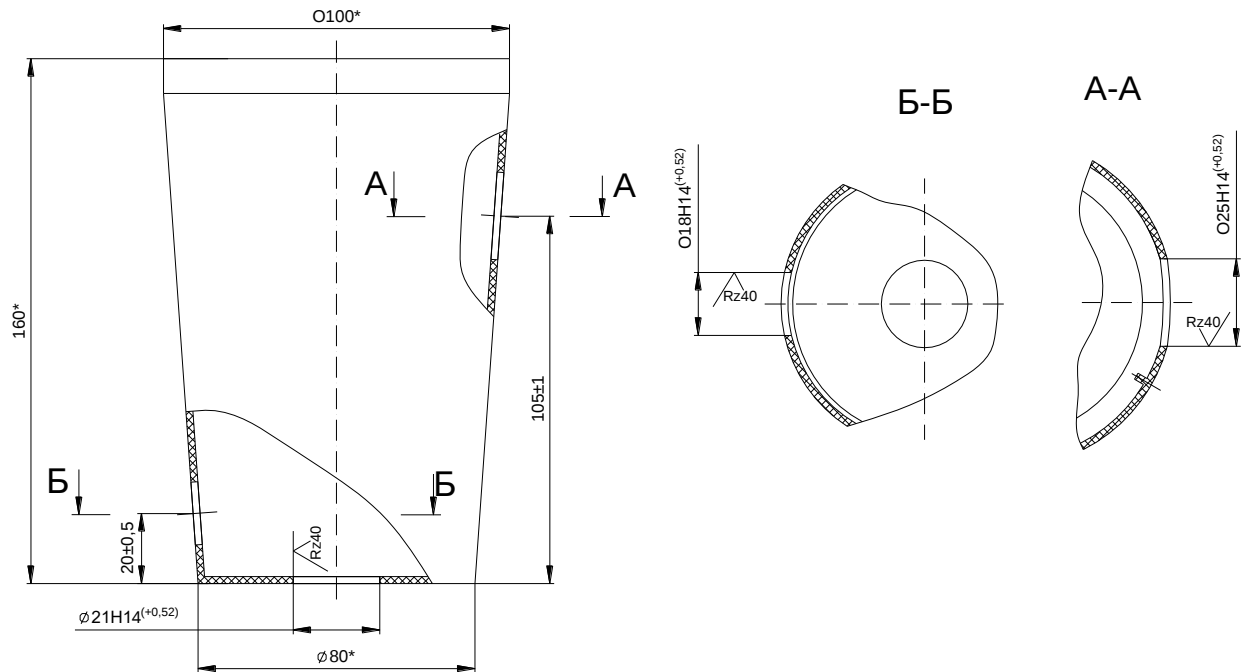


Рисунок 3.3 – Робоче креслення мірного циліндра (бачка рівня)

Безмоментна теорія оболонок застосовується до тонкостінних конструкцій, у яких один з розмірів (товщина) є значно меншим порівняно з іншими геометричними параметрами. Ця теорія ґрунтується на припущенні, що внутрішні моменти в поперечному перерізі незначні, а розподіл напружень здійснюється переважно в площині оболонки. У випадку циліндричних резервуарів, таких як бачок рівня, конструкція може вважатися тонкостінною оболонкою, оскільки товщина стінки мала порівняно з радіусом і довжиною. В таких умовах основними залишаються два головні напруження – окружне та осьове.

Як вже зазначалося, напруження σ_1 (колове) та σ_2 (осьове) вважаються головними. Третє головне напруження σ_3 , яке орієнтоване перпендикулярно до поверхні оболонки, на одній із сторін (внутрішній або зовнішній) дорівнює тиску p , а на протилежній – нулю. Але у тонкостінних оболонках величини σ_1 і

σ_2 суттєво перевищують σ_3 , тому останнє можна занехтувати, вважаючи, що оболонка перебуває в умовах плоского напруженого стану.

У такому випадку для оцінки міцності використовують одну з прийнятих теорій міцності. Наприклад, IV (енергетичну) теорію міцності, яка дозволяє врахувати сумарну дію головних напружень. За цією теорією умова міцності формулюється так

$$\sigma_{еквIV} = \sqrt{\sigma_m^2 + \sigma_t^2 - \sigma_m \sigma_t} \leq [\sigma]. \quad (3.2)$$

Розглядаючи бачок рівня, візьмемо внутрішній радіус $R = 0,045$ м, а тиск $p = 0,002$ МПа. Тоді відповідно до основних залежностей для тонкостінних оболонок отримаємо:

$$\sigma_t = \frac{pr}{h} \leq [\sigma_t], \quad (3.3)$$

де h – товщина стінки бачка, $[\sigma]$ – допустиме напруження матеріалу. Для оргскла допустиме колове напруження приймається $[\sigma_t] = 50$ МПа.

З умови міцності (3.3) знайдемо необхідну мінімальну товщину оболонки

$$h = \frac{2 \cdot 10^6 \cdot 0.046}{50 \cdot 10^6} = 0.00184.$$

Аналогічно, нехтуючи вагою рідини та власною вагою оболонки, отримуємо

$$\sigma_m = \frac{pr}{2h \cos \alpha} \leq [\sigma_m], \quad (3.4)$$

де $[\sigma_m]$ – допустиме напруження в осьовому напрямку, $[\sigma_m] = 55$ МПа.

Звідки мінімальна товщина стінки бачка

$$h = \frac{pr}{2 \cos \alpha [\sigma_m]} = \frac{2 \cdot 10^6 \cdot 0.046}{2 \cdot \cos 4^\circ \cdot 55 \cdot 10^6} = 0.0008 \text{ м.}$$

Приймаючи з конструктивних міркувань товщину стінки $\delta = 2 \text{ мм}$, перевіримо фактичні напруження в коловому напрямку за (3.3)

$$\sigma_t = \frac{2 \cdot 10^6 \cdot 0.046}{0.002} = 46 \cdot 10^6 \text{ Па;}$$

в осьовому напрямку за (3.4)

$$\sigma_t = \frac{2 \cdot 10^6 \cdot 0.046}{2 \cdot 0.002 \cdot \cos 4^\circ} = 23 \cdot 10^6 \text{ Па;}$$

Визначимо еквівалентні напруження за (3.2)

$$\sigma_{еквIV} = \sqrt{46^2 + 23^2 - 46 \cdot 23} = 39.8 \text{ МПа.}$$

Таким чином, еквівалентне напруження значно менше допустимого значення, а отже, прийнята товщина стінки бачка забезпечує надійну міцність елементу в умовах експлуатації. Це дозволяє вважати вибране конструктивне рішення обґрунтованим з позиції міцності та безпеки.

3.4 Обґрунтування параметрів приводу насоса дозатора та шнека

У конструкції модернізованого протруювача одним із ключових завдань є правильний підбір параметрів приводу як для насоса дозатора, так і для вивантажувального шнека. Сумарне енергоспоживання цих механізмів

становить 0,75 кВт, що повністю покривається єдиним електроприводом. В оригінальній конструкції передбачався також привід для черпакового дозатора, однак після його демонтажу (у зв'язку з переходом на дозатор рівня) навантаження на систему зменшилось. Це дозволило оптимізувати натяг клинопасової передачі та розрахувати її параметри для спрощеної схеми.

В якості джерела приводу використовується трифазний асинхронний електродвигун типу АИС9УХЛ2 із закритою конструкцією, номінальною потужністю 0,75 кВт та синхронною швидкістю обертання 1000 об/хв. Згідно зі стандартом ГОСТ 19523-81, ковзання для даного типу двигуна складає 7,5 %, що дозволяє визначити його реальну швидкість обертання за формулою

$$n_{\partial\partial} = 1000 (1 - 0,075) = 925 \text{ об/хв.} \quad (3.5)$$

Відповідно, кутова швидкість електродвигуна розраховується як

$$\omega_{\partial\partial} = \pi n_{\partial\partial} / 30 = 3,14 \cdot 925 / 30 = 96,8 \text{ рад/с.} \quad (3.6)$$

Ці значення підтверджують доцільність використання двигуна для приводу насоса та шнека.

Для того, щоб забезпечити необхідну продуктивність насоса – 30 л/хв при частоті обертання 2400 об/хв, необхідно дотримуватись передаточного числа, яке визначається наступним чином

$$u = n_{\partial\partial} / n = 925 / 2400 = 0.385, \quad (3.7)$$

Це свідчить про те, що шків, встановлений на насосі, повинен мати значно менший діаметр, ніж той, що встановлений на валу електродвигуна.

При розрахунку натягу, типу паса та міжцентрової відстані дотримуємося рекомендацій, наведених у літературі. Щоб забезпечити уніфікацію компонентів, профіль клинопаса залишаємо без змін – тип Б. Для даного

профілю характерні такі геометричні параметри: ширина $b_p = 0,014$ м, висота $h = 0,0105$ м, ширина у верхній частині $W = 0,017$ м. Пасова передача із заданою швидкістю може передавати потужність до 2,05 кВт, що з надлишком перекриває потреби приводу.

Швидкість руху паса обчислюється як

$$V = \frac{D_1 w_{\partial\phi}}{2}, \quad (3.8)$$

де D_1 – діаметр ведучого шківa (м), $n_{\text{дв}}$ – частота обертання електродвигуна (об/хв).

Підставляючи значення,

$$V = \frac{0,1 \cdot 96,8}{2} = 4,84 \text{ м/с.}$$

З метою уніфікації клинопасової передачі приймаємо пас профілю Б. Розміри перетину профілю Б наступні : $b_p = 0,014$ м ; $W = 0,017$ м; $h = 0,0105$ м, де b_p - ширина паса, м ; h - товщина паса, м.

При такій швидкості паса він може передавати потужність не більше 2,05 кВт, для нашої передачі це цілком задовільно.

Необхідний діаметр шківa насоса для забезпечення відповідного передаточного числа визначається за співвідношенням

$$D_H = D_1 \cdot u = 0,1 \cdot 0,385 = 0,0385 \text{ мм.} \quad (3.9)$$

Оскільки момент на валу насоса невеликий, а частота обертання значна, обґрунтованим є вибір шківa діаметром 38 мм. Менші розміри не рекомендуються через підвищене навантаження на пас при малій площі обхвату, що може спричинити його передчасне зношення або розрив при перегибах. Водночас, шків насоса у запропонованій конструкції виконує

функцію натяжного пристрою, що дозволяє точніше налаштувати натяг системи.

Таким чином, обрані параметри приводної частини є достатньо оптимальними для забезпечення стабільної роботи як насоса дозатора, так і шнека вивантаження насіння в модернізованому протруювачі.

Для забезпечення ефективної та надійної роботи пасової передачі в приводі протруювача необхідно точно визначити натяг паса. Цей параметр є критичним для уникнення пробуксовування, зносу або передчасного виходу з ладу приводної системи. В даній роботі розрахунок проводиться з урахуванням зменшеного навантаження на передачу через відсутність приводу черпакового дозатора.

Загальний натяг пасів профілю Б визначається за формулою

$$S_0 = \frac{K_q \cdot N_n}{V \cdot K_1 K_2 K_3} + 2\Theta V^2, \quad (3.10)$$

де K_q – числовий коефіцієнт, що становить (84),

N_n – споживана потужність, кВт,

V – швидкість паса, м/с,

K_1 – коефіцієнт, що враховує кут обхвату,

K_2 – коефіцієнт, пов'язаний з характером навантаження (0,87),

K_3 – коефіцієнт швидкості (1,04),

Θ – поправка на відцентрову силу (0,008).

Підставляючи значення, отримаємо

$$S_0 = \frac{84 \cdot 0.75}{4.84 \cdot 0.87 \cdot 0.87 \cdot 1.04} + 2 \cdot 0.008 \cdot 4.84^2 = 16.9 \text{ Н.}$$

Таким чином, розрахунковий загальний натяг приводного паса складає приблизно 17 Н. Оскільки передача недовантажена по потужності, фактичне натягнення можна зменшити на 5–10 %.

Контроль фактичного натягу здійснюється через вимірювання зусилля, необхідного для відхилення гілки паса на певну величину. Відхилення повинно становити 1,55 мм на кожні 100 мм міжцентрової відстані.

Для перевірки натягу використовується розрахунок відтягуючого зусилля

$$Q = \frac{S_0 + c_0}{16}, \quad (3.11)$$

де c_0 – коефіцієнт, що враховує жорсткість паса. Для профілю Б $c_0 = 58,9$.

Отже, для припрацьованого паса

$$Q = \frac{16,9 + 6 \cdot 9,81}{16} = 4,7 \text{ Н}.$$

Для нового паса використовується інша формула:

$$Q = \frac{1,4S_0 + c_0}{16}. \quad (3.12)$$

Тобто

$$Q = \frac{1,4 \cdot 16,9 + 6 \cdot 9,81}{16} = 5,2 \text{ Н}.$$

Враховуючи зазначені значення зусилля, можна зробити висновок, що використання паса профілю Б є технічно обґрунтованим і достатньо уніфікованим для приводу насоса дозатора та шнека. Забезпечення правильного натягу гарантує стабільну передачу крутного моменту без втрат та перевантажень.

Отже, рекомендовані значення зусилля натягу: для припрацьованого паса – 4,7 Н, для нового – 5,2 Н, що дозволяє експлуатувати приводну систему в оптимальному режимі.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Вимоги безпеки під час протруювання насіння

Здійснення передпосівної обробки насіння пестицидами супроводжується використанням потенційно небезпечних речовин, що вимагає неухильного дотримання правил техніки безпеки, регламентованих чинними нормативними актами України. Усі препарати, що використовуються під час протруювання, повинні бути зареєстровані у "Державному реєстрі пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні", що щорічно оновлюється Міністерством захисту довкілля та природних ресурсів України. Застосування препаратів, не включених до реєстру або заборонених, суворо забороняється.

Відповідно до положень ДСП 8.8.1.2.001-98 "Державні санітарні правила транспортування, зберігання та використання пестицидів у народному господарстві", дозволяється використання лише тих протруйників, які мають третій або четвертий клас небезпеки за класифікацією згідно з ДСТУ EN ISO 11014:2016 та ГОСТ 12.1.007-76. Під час роботи з препаратами другого класу токсичності необхідні посилені заходи контролю та підвищені вимоги до засобів індивідуального захисту (ЗІЗ).

Оператори, які обслуговують протруювальні агрегати, повинні бути повністю екіпіровані сертифікованим спецодягом, спецвзуттям, респіраторами типу FFP2 або FFP3, хімічно стійкими рукавичками та захисними окулярами. Засоби захисту мають відповідати вимогам ДСТУ EN 166:2017, ДСТУ EN ISO 13688:2016 та ГОСТ 12.4.011-89. Усі роботи, пов'язані з протруюванням насіння, дозволяється виконувати лише в засобах захисту, з дотриманням правил особистої гігієни та інструкцій з безпечного поводження з пестицидами.

Важливо дотримуватися вимог охорони праці, викладених у Правилах охорони праці у сільському господарстві (НПАОП 01.0-1.01-12), а також у Правилах з охорони праці при технічному обслуговуванні та ремонті сільськогосподарських машин (НПАОП 01.0-1.02-12). Персонал повинен

пройти відповідне навчання, інструктаж з техніки безпеки та мати дозвіл на роботу з пестицидами.

Протруєне насіння підлягає обов'язковому маркуванню. На кожному мішку чи тарі має бути чітко закріплений напис "Протруєно. Отруйно. Не використовувати для харчових чи кормових цілей". Місця зберігання обробленого насіння повинні бути обладнані вентиляцією та розміщені не ближче ніж за 200 метрів від житлових будівель, виробничих споруд та джерел водопостачання.

Під час експлуатації протруювача заборонено здійснювати будь-які дії, які можуть порушити безпеку процесу. Зокрема, не допускається:

- використання агрегата із пошкодженими гідравлічними або електричними системами;
- проведення ремонту, очищення чи змащення протруювача під час його роботи або з підключеним кабелем живлення;
- контактування з рухомими частинами машини під час її функціонування;
- вживання їжі, пиття, паління на робочому місці;
- залучення до робіт осіб, які не досягли 18 років, жінок, а також працівників без проходження медогляду та інструктажу;
- використання протруювача для затарювання насіння, призначеного для продовольчих або фуражних потреб.

У разі зникнення електроживлення під час роботи агрегата необхідно негайно вимкнути живлення за допомогою головного вимикача на пульті керування для запобігання самозапуску системи при відновленні електропостачання.

Після завершення протруювання агрегат необхідно ретельно промити в спеціально відведеному місці, яке розташоване на безпечній відстані (не менше 200 м) від житлових зон та джерел питної води. Промивні води не повинні потрапляти у відкриті водойми чи каналізацію. Зливання залишків робочого розчину або води після миття повинно здійснюватися у герметичні, захищені

від проникнення ґрунтових вод ями глибиною не менше 1 метра, дезінфіковані хлорним вапном і засипані сухим ґрунтом після використання.

Порожню тару з-під пестицидів слід знешкоджувати відповідно до вимог ДСТУ 4092:2022 "Утилізація тари з-під засобів захисту рослин", а її повторне використання суворо заборонено.

Особи, які виконують роботи з протруювальними машинами, зобов'язані дотримуватися правил особистої гігієни – ретельно мити руки, обличчя та шию з милом перед прийомом їжі, після завершення зміни або контакту з препаратами, а також регулярно проходити медичні огляди.

Таким чином, дотримання усіх вимог техніки безпеки, санітарно-гігієнічних норм і регламентів охорони праці під час протруювання насіння є запорукою не лише високої якості захисної обробки, але й безпечного середовища праці для залученого персоналу.

4.2 Заходи охорони праці при протруюванні насіння

Протруювання насіння є одним із найважливіших етапів підготовки посівного матеріалу, що передбачає обробку насіння хімічними препаратами з метою захисту від збудників хвороб та шкідників. Однак цей процес супроводжується низкою потенційних небезпек для здоров'я працівників, пов'язаних з використанням токсичних речовин, пиловиділенням, а також впливом механічного та електричного обладнання. Тому суворе дотримання вимог охорони праці є обов'язковою умовою під час виконання таких робіт.

Перед початком робіт з протруювання насіння необхідно провести інструктаж працівників з питань охорони праці згідно з вимогами Наказу Держгірпромнагляду України №15 від 26.01.2005 р. «Типове положення про навчання з питань охорони праці». Особливу увагу слід звернути на порядок поводження з пестицидами, використання засобів індивідуального захисту, а також правила експлуатації протруювального обладнання.

До робіт допускаються лише особи, які пройшли медичний огляд, мають відповідну професійну підготовку та пройшли перевірку знань з охорони праці. Особи віком до 18 років не допускаються до роботи з хімічними речовинами, згідно з статтею 190 Кодексу законів про працю України та Переліком важких робіт і робіт із шкідливими та небезпечними умовами праці, на яких забороняється застосування праці неповнолітніх.

Під час протруювання насіння необхідно використовувати засоби індивідуального захисту: захисні окуляри, респіратори або протигази (типу РПГ-67, ПШ-1 або аналогічні), гумові рукавички, спецодяг, водонепроникне взуття. Це відповідає вимогам ГОСТ 12.4.011-89 «ССБТ. Засоби захисту робітників. Загальні вимоги та класифікація».

Приміщення для проведення протруювання має бути добре вентильованим. У разі виконання робіт на відкритому повітрі – місце повинно бути огорожене, позначене попереджувальними знаками, із заборonoю доступу сторонніх осіб. При експлуатації протруювачів необхідно дотримуватися інструкцій заводу-виробника, а також Правил охорони праці у сільськогосподарському виробництві (Наказ Мінагрополітики України №39 від 27.12.2004).

Забороняється під час роботи знімати кожухи привідних механізмів, виконувати ручне завантаження отрутохімікатів без застосування відповідних пристроїв, а також залишати працююче обладнання без нагляду. У разі аварійної ситуації – розсипання препарату або потрапляння його на шкіру – слід негайно припинити роботу, повідомити керівника і вжити необхідних заходів згідно з Інструкцією з надання першої домедичної допомоги при отруєннях пестицидами.

З метою зниження впливу пилових фракцій у сучасних технологіях протруювання все частіше застосовують герметичне обладнання з аспіраційними системами. Регулярне очищення та обслуговування обладнання також є необхідною умовою безпеки – згідно з НПАОП 0.00-1.28-10 «Правила охорони праці під час експлуатації сільськогосподарської техніки».

Після завершення робіт персонал повинен провести ретельне очищення спецодягу, вимити руки та обличчя з милом, за необхідності – прийняти душ. Використаний одяг зберігається окремо від повсякденного. Тара з-під пестицидів повинна бути знешкоджена або передана для утилізації згідно з екологічними нормами.

Дотримання викладених заходів охорони праці дозволяє мінімізувати ризики, пов'язані з роботою з хімічними засобами захисту рослин, забезпечуючи безпечні умови праці для операторів протруювального обладнання та захист довкілля від забруднення.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Запропонована конструкція дозатора характеризується простотою, економічністю та високою експлуатаційною надійністю. Спрощення системи дозволяє зменшити загальну вартість машини, що позитивно впливає на її конкурентоспроможність на ринку. Для підтвердження обґрунтованості прийнятих інженерних рішень у роботі проведено необхідні розрахунки: визначено продуктивність подачі насіння до змішуючого шнека залежно від положення регулювальної шкали дозатора та виду культури, що підлягає протруюванню;

Поділka шкали дозатора насіння	Продуктивність протруювача, П, т/год		
	Пшениця	Ячмінь	Овес
1	1,0	0,6	0,4
2	1,5	1,0	0,6
3	2,0	1,3	0,9
4	2,5	1,6	1,0
5	3,0	2,0	1,3

виконано гідравлічні розрахунки, де встановлено норму виливу препарату в залежності від поділки шкали дозатора;

Поділka шкали дозатора робочої рідини										
Витрата робочої рідини, q_1 , л/хв.										
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0,15	0,32	0,45	0,55	0,63	0,71	0,78	0,84	0,9	0,95

на основі безмоментної теорії для осесиметричних оболонкових конструкцій визначено оптимальну товщину стінки мірного циліндра з урахуванням впливу концентраторів напружень; вона становить 2 мм. Відповідно до обраного значення товщини, проведено розрахунок фактичних напружень, зокрема в коловому напрямку. $\sigma_t = 46 \cdot 10^6$ Па; в осьовому напрямку $\sigma_t = 23 \cdot 10^6$ Па; еквівалентні напруження $\sigma_{еквIV} = 39.8$ МПа.

Розрахункове еквівалентне напруження не перевищує мінімально допустимих значень у всіх напрямках, що свідчить про достатній запас міцності при обраній товщині стінки елемента. З метою уніфікації клинопасової передачі агрегату, а також на підставі проведених інженерних розрахунків, для приводу насоса дозатора та вивантажувального шнека рекомендовано використовувати ремінь профілю Б.

Зусилля, необхідне для натягування ременя, становить 4,7 Н для ременя, що вже був у використанні, та 5,2 Н для нового.

В розділі «БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ» розглянуто питання вимог безпеки під час протруювання насіння та заходи охорони праці при протруюванні насіння.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. 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.
2. 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.
3. 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.
4. 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>.
5. 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.
6. 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.
7. 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.
8. 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.
9. 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.

10. 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.

11. 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.

12. Бабій А.В., Бабій М.В. Динамічна модель енергозберігаючого приводного механізму косарки. Вісник ХНТУСГ. Випуск 145. «Проблеми надійності машин та засобів механізації сільськогосподарського виробництва». Харків, 2014. С.112–118.\

13. 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.

14. 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.

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

216-226.

16. 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.

17. 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.

18. 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.

19. 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.

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

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

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

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

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

25. Павлице В.Т. Основи конструювання та розрахунків деталей машин.

К.: Вища шк., 1993. 556 с.

26. Протруювач камерний ПКС-20. Інструкція з експлуатації. Львів. 2010. 56 с.

27. 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.

28. 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.

29. 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.

30. 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.

31. 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.