

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

Бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Підвищення експлуатаційних характеристик самопересувного
протруювача з удосконаленням приводу ведучих коліс

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

208 Агроінженерія

(шифр і назва спеціальності)

Андрух Р.М.

(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 Андруху Роману Михайловичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Підвищення експлуатаційних характеристик
самопересувного протруювача з удосконаленням приводу ведучих коліс

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:

Вага заправленої машини, 9200 Н; коефіцієнт зчеплення для колеса з пневматичною шиною з поверхнею руху - 0,6; діаметр котка-ведучого колеса з врахуванням прогину шини -0,46 м; робоча швидкість протруювача $0,7 \pm 0,1$ м/хв.

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

Вступ. 1. Аналіз технологій підготовки насіння.

2. Рекомендації з підвищення експлуатаційних характеристик 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 камерний ПК-20-01; Самохід; Ролик;

Розрахункові моделі; Загальні висновки.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності, основи охорони праці			

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Аналіз технологій протруювання насіння.	26.02.25	
2.	Рекомендації з підвищення експлуатаційних характеристик протруювання насіння	21.05.25	
3.	Проектна частина.	11.06.25	
4.	Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.	16.06.25	
5.	Загальні висновки	19.06.25	
6.	Графічна частина	21.06.25	

Студент

(підпис)

Андрух Р.М.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Бабій А.В.

(прізвище та ініціали)

Реферат

Мета і завдання дослідження – підвищити експлуатаційні характеристики самопересувного протруювача удосконаленні системи приводу коліс.

Мета досягається шляхом удосконалення приводного механізму коліс, що дозволяє підвищити експлуатаційну ефективність протруювача.

Мета реалізовується при вирішенні наступних завдань:

встановлено ефективність препаратів та способів при протруюванні насіння;

проаналізовано конструктивні особливості машин при протруюванні насіння;

наведено характеристику базової конструкції протруювача;

обґрунтовано удосконалення технології протруювання насіння;

наведено теоретичні передумови визначення опору перекочування коліс протруювача;

виконано розрахунок основних елементів при внесенні змін в конструкцію рами протруювача;

проведено розрахунки окремих елементів механізму самохода.

Об'єктом дослідження – технологічний процес протруювання насіння.

Предмет дослідження – удосконаленням системи приводу коліс протруювача.

Практичне значення – проведене удосконалення протруювача дозволило отримати конструкцію машини, яка ефективно може переміщатися площадкою складського приміщення та рівномірно підтирати і завантажувати у бункер матеріал для протруювання.

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

Ключові слова. Протруювач, хімічний захист, привод, ролик, питомий тиск, технологічний процес, колесо.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ПІДГОТОВКИ НАСІННЯ	6
1.1 Чинники, що впливають на формування урожаю сільськогосподарських культур.....	6
1.2 Ефективність препаратів та способів при протруюванні насіння	10
1.3 Конструктивні особливості машин при протруюванні насіння	13
2 РЕКОМЕНДАЦІЇ З ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОТРУЮВАННЯ НАСІННЯ	18
2.1. Загальна характеристика базової конструкції протруювача.....	18
2.2 Обґрунтування удосконалення технології протруювання насіння	23
2.3 Теоретичні передумови опору перекочування коліс протруювача	25
3 ПРОЄКТНА ЧАСТИНА	34
3.1 Розрахунок основних елементів при внесенні змін в конструкцію рами протруювача	34
3.2 Розрахунки окремих елементів механізму самохода	38
4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ.....	44
4.1 Небезпеки, що виникають від обертових частин протруювачів при їх роботі	44
4.2 Вимоги охорони праці при роботі з протруювача насіння	46
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	48
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	50

ВСТУП

У сучасному сільському господарстві особливу увагу приділяють підвищенню ефективності вирощування сільськогосподарських культур. Одним із ключових етапів у цьому процесі є підготовка насіння до висіву, зокрема його протруювання. Протруювання – це технологічна операція, яка передбачає обробку насіннєвого матеріалу хімічними чи біологічними засобами з метою захисту від шкідників, хвороб і несприятливих факторів навколишнього середовища на ранніх етапах розвитку рослини. Від якості виконання цієї операції значною мірою залежить урожайність, стійкість культур до захворювань, а також економічна ефективність господарства.

Протруювачі насіння – це спеціалізовані машини або пристрої, які забезпечують точне та рівномірне нанесення засобів захисту на поверхню насіння. Сучасні вимоги до аграрної техніки передбачають не лише ефективність виконання основної функції, а й високі експлуатаційні характеристики, серед яких – продуктивність, точність дозування, рівномірність обробки, економічність, надійність у роботі, простота обслуговування, а також безпека для обслуговуючого персоналу та навколишнього середовища.

Підвищення експлуатаційних характеристик протруювачів насіння є важливим напрямом удосконалення агротехнічного забезпечення. Від цього залежить не лише якість підготовки насіннєвого матеріалу, а й загальна ефективність усієї агротехнології. Сучасні науково-технічні розробки дають змогу створювати більш досконалі конструкції протруювачів, удосконалювати системи керування, автоматизації та контролю дозування, що в підсумку сприяє зниженню витрат ресурсів і підвищенню рентабельності виробництва.

У зв'язку з цим, дослідження, спрямовані на покращення експлуатаційних характеристик протруювачів насіння, мають важливе практичне значення й актуальність. Така робота сприяє підвищенню ефективності сільськогосподарського виробництва, збереженню довкілля та забезпеченню продовольчої безпеки.

1 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ПІДГОТОВКИ НАСІННЯ

1.1 Чинники, що впливають на формування урожаю сільськогосподарських культур

Величина та стабільність урожаю сільськогосподарських культур значною мірою залежать від якості насіннєвого матеріалу, який використовується для посіву. Від правильного підбору, підготовки та обробки насіння безпосередньо залежить не лише енергія проростання, рівень схожості та стійкість до захворювань, а й потенціал майбутнього врожаю. Задля отримання високопродуктивних посівів, надзвичайно важливо забезпечити використання високоякісного, здорового і сортового насіння.

Показники якості насіннєвого матеріалу умовно поділяють на дві основні групи: сортові ознаки та посівні якості. До сортових належать характеристики, що визначають належність насіння до певного сорту, а також рівень його чистоти. Сорт, у свою чергу, – це стабільна група рослин, які мають спільне походження та відзначаються сталими біологічними й господарськими ознаками, що успадковуються поколіннями. Такі ознаки, як морозостійкість, посухостійкість, стійкість до шкідників, тривалість вегетаційного періоду та рівень врожайності, формують цінність кожного окремого сорту для конкретної агрокліматичної зони.

Еталонним вважається елітне насіння – найчистіший та найякісніший представник конкретного сорту. Воно є вихідним матеріалом для виробництва насіння першої репродукції, що, у свою чергу, дає насіння другої репродукції, і так далі. Кожна наступна генерація має трохи нижчий рівень сортової чистоти та посівних якостей, тому контроль якості на кожному етапі розмноження – критично важливий.

Однак, навіть найкраще насіння потребує відповідної передпосівної обробки для досягнення максимального результату. Одним із найважливіших етапів підготовки посівного матеріалу є його протруювання – технологічна операція, що передбачає нанесення засобів захисту рослин (фунгіцидів, інсектицидів, стимуляторів росту) на поверхню насіння. Мета цього процесу – знищити патогени, захистити насіння в ґрунті на початкових фазах розвитку та забезпечити дружні сходи.

Саме тому особливу роль відіграє техніка, за допомогою якої виконується ця обробка. Протруювачі насіння мають відповідати сучасним вимогам точності дозування, рівномірності нанесення препаратів, надійності роботи та зручності обслуговування. Підвищення експлуатаційних характеристик таких машин дозволяє мінімізувати витрати препаратів, уникнути перевитрат насіння та досягти стабільно високої якості передпосівної підготовки.

У контексті загальної стратегії ефективного сільського господарства, вдосконалення конструкцій протруювачів і впровадження новітніх технологій у процес протруювання набуває особливої актуальності. Це дозволяє підвищити продуктивність аграрного виробництва, зменшити втрати на початкових етапах росту культур та закласти підґрунтя для високого і якісного врожаю.

Однією з критично важливих умов для отримання стабільних і високих урожаїв зернових культур, зокрема пшениці та ячменю, є використання якісного, сортово чистого посівного матеріалу. В аграрній практиці України рекомендовано застосовувати насіння щонайменше третьої або четвертої репродукції, адже надмірно зношене, генетично вироджене чи засмічене насіння, що не відповідає сортовим стандартам, здатне суттєво знижувати врожайність навіть за сприятливих погодних умов і належної агротехніки. Саме тому регулярне оновлення насіннєвого фонду, тобто процес сортооновлення, є важливим елементом управління врожайністю на підприємстві.

Серед характеристик, що визначають сортову якість насіння, особливої уваги заслуговує сортова чистота – один із головних показників автентичності насіннєвого матеріалу. Під цим терміном розуміють відсоткову частку насіння,

що повністю відповідає типологічним ознакам певного сорту, без домішок інших сортів або культур. Саме цей показник гарантує сталість фенотипу посіву, рівномірність розвитку рослин та прогнозованість агротехнічних заходів.

Оцінку сортової чистоти проводять безпосередньо на польових посівах шляхом апробації – спеціального обстеження, яке виконується за визначеною методикою. Апробаційна оцінка передбачає візуальний контроль посівів за діагональними маршрутами з відбором типових зразків. У лабораторних умовах він підлягає детальному аналізу: визначається співвідношення рослин, які мають всі характерні ознаки основного сорту, до загальної кількості рослин у зразку. Такий підхід дозволяє максимально точно ідентифікувати ступінь генетичної чистоти посівного матеріалу.

Залежно від результатів визначення сортової чистоти, насіння класифікують за трьома категоріями. До першої категорії відносять насіння з чистотою не нижче 99,5%; до другої – не менше 98%; а до третьої – не менше 95%. Ця класифікація має важливе значення для подальшого використання насіння, особливо в умовах інтенсивного ведення аграрного виробництва, де кожен відсоток відхилення від норми може обернутися суттєвими втратами.

Таким чином, підтримання високого рівня сортової чистоти – не лише показник дотримання стандартів якості, а й стратегічно важливий чинник, що безпосередньо впливає на економічні результати діяльності аграрного підприємства. Ефективне управління посівним фондом, у тому числі завдяки системній апробації та сортооновленню, створює передумови для сталого розвитку сільського господарства.

Для досягнення високої врожайності сільськогосподарських культур недостатньо лише використовувати сортово чисте насіння – надзвичайно важливими є також його посівні якості. Саме вони визначають життєздатність та господарську цінність насіннєвого матеріалу, а отже і потенціал майбутнього урожаю. В Україні контроль за цими показниками здійснюється відповідно до державних стандартів, що регламентуються системою

сертифікації та моніторингу якості насіння, яку координує Державна насіннева інспекція.

Посівні якості охоплюють комплекс фізіологічних, фізичних та фітосанітарних властивостей, які безпосередньо впливають на процес проростання та розвитку рослин у польових умовах. До основних показників належать: чистота насіння (вміст домішок і сторонніх включень), схожість (відсоток насіння, здатного прорости за встановлених умов), енергія проростання (швидкість і рівномірність проростання), маса 1000 насінин (характеризує розмір і повноту насіння), вологість, наявність зараження хворобами чи шкідниками, а також загальна посівна придатність, що відображає здатність насіння формувати повноцінні рослини.

Для отримання об'єктивної картини щодо якості насіннєвої партії, проводиться відбір так званого середнього зразка. Цей зразок має бути репрезентативним і містити всі типові властивості насіння з усієї партії. Відбір зразка здійснюється за затвердженими методиками, які виключають випадковість і забезпечують точність лабораторного аналізу. Результати дослідження є підставою для видачі відповідного сертифіката якості, що дозволяє використання насіння у виробництві або реалізації.

Таким чином, ефективне сільське господарство базується на чітко налагодженій системі контролю як сортових, так і посівних якостей насіння. Ці дві складові тісно пов'язані між собою: навіть генетично якісне насіння втрачає свою цінність, якщо не здатне забезпечити повноцінні сходи через низьку енергію проростання чи зараження хворобами. У поєднанні з високоякісною передпосівною обробкою, зокрема протруюванням, це формує комплексний підхід до оптимізації стартових умов росту культур. Саме такий системний підхід до відбору, підготовки та контролю посівного матеріалу забезпечує фундамент для стабільних і високих врожаїв, підвищення економічної ефективності виробництва та раціонального використання ресурсів.

1.2 Ефективність препаратів та способів при протруюванні насіння

У процесі передпосівної підготовки насіння зернових культур ключову роль відіграє його протруювання, адже саме цей етап закладає основу для формування здорових, енергійних сходів і підвищення майбутньої врожайності. Протруювання дозволяє ефективно знизити інфекційне навантаження, яке може бути зосереджене як на поверхні насіння, так і в його внутрішніх тканинах. Крім того, значну частину загроз на ранніх фазах росту представляють ґрунтові патогени, личинки шкідників, а також несприятливі погодні умови, що послаблюють проростки. Саме тому до вибору препаратів для протруювання необхідно підходити зважено, враховуючи низку агрономічних, біологічних та технологічних чинників.

На сучасному ринку України представлено широкий спектр протруйників – від класичних фунгіцидних засобів до новітніх інсекто-фунгіцидних і біологічних препаратів. Серед фунгіцидів особливо популярними залишаються ті, що містять діючі речовини тебуконазол, флудиоксоніл, прохлораз або карбоксин, які мають системну та контактну дію. Вони ефективно пригнічують розвиток сажкових хвороб, фузаріозу, гельмінтоспоріозу, пліснявіння насіння та інших поширених інфекцій. Наприклад, препарати Максим Стар, Вітавакс 200 ФФ та Раксил Ультра активно використовуються в українських господарствах завдяки поєднанню ефективності та безпечності для насіння.

Інсектицидна компонента в складі комбінованих препаратів, таких як Селест Топ чи Вібрен Форт, надає додаткового захисту від ґрунтових шкідників, зокрема дротяників, злакових мух, хлібної жужелиці, попелиці. Найчастіше використовуються діючі речовини з групи неонікотинοїдів – імідаклоприд, тіаметоксам, клотіанідин – які володіють системною дією та довготривалим захистом протягом кількох тижнів після посіву. Такий підхід дозволяє аграріям зменшити кількість інсектицидних обробок у період вегетації, що економить ресурси і знижує екологічне навантаження на

агроекосистему.

Окремо слід згадати про біологічні препарати для протруювання, які останнім часом набувають все більшого поширення серед прихильників органічного та ресурсозберігаючого землеробства. До їх складу входять штами бактерій і грибів, які здатні конкурувати з патогенами, продукувати біологічно активні речовини, покращувати засвоєння елементів живлення та стимулювати розвиток кореневої системи. Прикладами є такі продукти, як АгроВітал, БакСіб Фітозахист, Мікобіт Плюс, які рекомендовано застосовувати разом із мінімальними нормами хімічного протруйника або окремо – за умов доброго фітосанітарного стану. Хоча ефективність біопрепаратів може поступатися хімічним аналогам, вони є незамінним елементом в інтегрованих системах захисту культур.

Однак жоден препарат не забезпечить бажаного ефекту без дотримання правильної технології обробки. Якість нанесення протруйника на поверхню насіння має вирішальне значення. Саме тому для проведення цієї операції використовують спеціалізовані машини – протруювачі. Сучасна техніка повинна забезпечувати рівномірне покриття насіння робочим розчином, точне дозування, дбайливе перемішування без травмування оболонки зерна, а також високий рівень продуктивності. Особливо актуальним є питання збереження схожості насіння після обробки – навіть незначні механічні пошкодження або неправильне дозування препарату можуть суттєво вплинути на показники енергії проростання та рівень польової схожості.

В українській практиці широко застосовуються протруювачі вітчизняного та імпортного виробництва. Найбільш поширеними є установки мокрого протруювання, такі як ПС-10, ПСШ-3, УПС-25, а також мобільні комплекси з дозуванням за допомогою електроніки. Вони дають змогу обробляти великі обсяги насіння в стислі терміни, з високою точністю подачі робочої рідини та рівномірним її нанесенням. Деякі сучасні моделі оснащені системами автоматичного калібрування дозуючих механізмів, візуального контролю за якістю обробки, функціями зміни режиму обробки залежно від культури та

типу насіння. Такі машини не лише підвищують продуктивність праці, але й мінімізують людський фактор, що особливо важливо в умовах великотоварного виробництва.

Важливим критерієм оцінки якості протруювання є також однорідність кольору обробленого насіння, яка свідчить про рівномірне нанесення препарату. У разі використання комбінацій препаратів із мікроелементами, антистресантами або біологічними інокулянтами, досягається не лише захист, а й помітне покращення стартового росту, розвитку кореневої системи та адаптивності до стресових факторів середовища. Таким чином, протруювання виконує не лише захисну, а й технологічно-агрономічну функцію – воно забезпечує максимально ефективний старт для рослини на самому початку її вегетації.

Тут можна стверджувати, що якісне протруювання насіння зернових культур є результатом поєднання науково обґрунтованого вибору препарату та використання сучасного технічного забезпечення. Раціональна організація цього процесу дозволяє зменшити втрати врожаю, забезпечити стабільність посівів, знизити потребу в післясходовій обробці посівів та підвищити загальну ефективність агровиробництва. В умовах зростаючих вимог до рентабельності сільськогосподарської діяльності та сталості землеробства, саме цей елемент агротехнології набуває дедалі більшої ваги.

1.3 Конструктивні особливості машин при протруюванні насіння

Протруювачі насіння – це спеціалізовані машини, які призначені для рівномірного нанесення рідких або порошкоподібних препаратів на поверхню насіннєвого матеріалу із збереженням його посівних якостей. До таких машин висуваються низка агротехнічних вимог, які визначають не лише якість обробки, а й безпеку, збереження схожості насіння, ефективність використання препаратів та продуктивність роботи у виробничих умовах.

Одна з ключових вимог до протруювачів – забезпечення максимальної рівномірності нанесення робочого розчину на всю масу оброблюваного насіння. Це означає, що кожна окрема насінина повинна мати приблизно однаковий рівень покриття препаратом, без пропусків або надлишку, що може бути фітотоксичним. Не менш важливим є забезпечення високої точності дозування препарату, яка повинна витримуватись у межах $\pm 5\%$ від заданої норми. При цьому подача препарату має бути стабільною і точною навіть при коливаннях об'єму завантаження насіння або зміні його вологості, фракційного складу тощо.

Наступною вимогою є дбайливе перемішування насіння, без його травмування або пошкодження оболонки. Механічна дія робочих органів повинна бути помірною: надмірне тертя або тиск можуть порушити структуру зерна, що негативно вплине на схожість та енергію проростання. Також важливо, аби протруювач був здатен забезпечити якісну обробку широкого спектра насіння – як за розмірами, так і за культурною належністю. Це особливо актуально в умовах змінного або змішаного посівного циклу, де на одному господарстві можуть протруювати як пшеницю, ячмінь, так і сою, кукурудзу чи ріпак.

З технічної точки зору, машина має бути продуктивною, з можливістю обробки значного об'єму насіння в одиницю часу. Для великих господарств це може означати обробку від 10 до 25 тонн за годину, залежно від типу машини. Важливо, щоб продуктивність поєднувалась із економічністю використання

препаратів, тобто мінімізацією втрат розчину, осідання на стінках обладнання, розбризкування тощо. До цього переліку варто додати також зручність завантаження та розвантаження насіння, ергономічність управління, доступність для обслуговування та наявність елементів безпеки.

У контексті експлуатаційних характеристик окремо слід розглянути приклади конкретних моделей протруювачів, що застосовуються в Україні. Однією з найпоширеніших моделей є ПС-10А – машина барабанного типу вітчизняного виробництва, рис. 1.1.



Рисунок 1.1 – Протруювач ПС-10А

Вона забезпечує мокре протруювання, має просту конструкцію і характеризується середнім рівнем точності обробки. Основною перевагою є її надійність, можливість ремонту в польових умовах, доступність запчастин. Продуктивність – до 10 тонн насіння за годину, що відповідає потребам середніх господарств. Разом із тим, через відсутність автоматичного дозування

та візуального контролю обробки, така машина потребує уважності з боку оператора.

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики протруювача ПС-10А

Параметри	Значення
Тип машини	Пересувний
Продуктивність за 1 год основного часу, т	22
Місткість бака, л	200
Подача дозатора, л/хв	0,5-3,5
Робоча швидкість пересування, м/с	0,008
Обслуговуючий персонал, чел	1
Маса машини, кг	1100
Габаритні розміри, мм	
довжина	5080
ширина	2090
висота	3000
Джерело енергії	Електричний
Напруга, В	380
Тип двигунів	Асинхронний
Споживана потужність, кВт	
Електродвигунами	8,29
Електронагрівачами	10,5
Коефіцієнт надійності технологічного процесу	0,98
Коефіцієнт готовності	0,98
Средньо-змінний оперативний час технічного обслуговування, год	0,17

Іншим прикладом є машина ПС-25 – установка із шнековим механізмом подачі та замкненим циклом перемішування. Вона відзначається вищою точністю нанесення розчину, наявністю електронного блоку керування, можливістю точно регулювати витрати препарату. Завдяки продуктивності до 25 т/год і широким можливостям налаштування, машина використовується у великих агропідприємствах, де важлива швидкість обробки без втрати якості.

Крім того, наявність резервуарів із системою мікропомп дозволяє використовувати концентровані препарати без попереднього розведення.



Рисунок 1.2 – Протруювача ПС-25

Таблиця 1.2 – Технічні характеристики протруювача ПС-25

Тип	самопересувний
Привід	електричний
Продуктивність, т/рік	до 25
Маса, кг	975
Встановлено потужність, кВт	7,15
Скорість руху транспортна, км/год	не менше 0,35
Швидкість руху робоча, км/год	не менше 0,05
Кількість скребків транспортера, шт.	32
Кількість скребків живильників, шт.	22
Розміри скребка, мм	100 x 260
Швидкість скребкової ланцюга транспортера, м/с	не більше 1,7
Швидкість скребкової ланцюга живильників, м/с	не більше 0,0505
Крок встановлення скребків ланцюга, мм	228
Дорожній просвіт, мм	50
Ширина колії, мм	не більше 1710
Ширина захоплення, мм	4000
Габаритні розміри в робочому положенні, мм	5950 x 4120 x 4310
Габаритні розміри в транспортному положенні, мм	4590 x 1990 x 2500

Серед імпортої техніки варто згадати PETKUS Universal 200, німецьку установку з високим рівнем автоматизації. Машина має сенсорне керування,

системи калібрування дозування, датчики витрат і вологоміри, що дозволяє обробляти насіння з максимальним контролем параметрів. Її перевага – у точності, продуктивності та можливості вносити одночасно декілька компонентів, включно з біопрепаратами та стимуляторами росту. Водночас така машина потребує спеціального навчання персоналу, має вищу вартість обслуговування та більш складну електроніку.

Окрему групу складають мобільні протруювальні комплекси, які можуть працювати безпосередньо в полі або на складах – прикладом є Нива-Мобіль або КПК-10М. Вони особливо зручні у господарствах із розосереденою логістикою або за умов, коли обробку потрібно проводити безпосередньо перед посівом. Такі агрегати забезпечують автономну роботу, мають системи самозавантаження і можуть бути адаптовані до різних типів насіння без складної перенастройки.

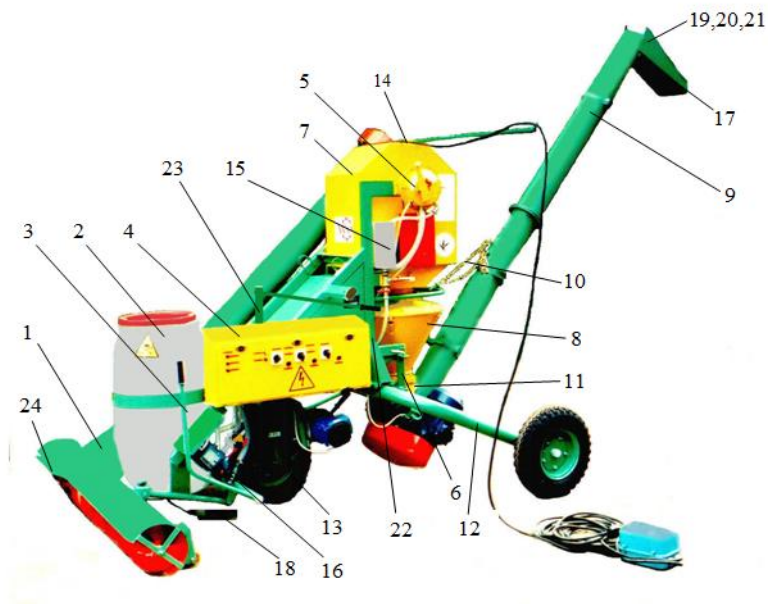
Таким чином, протруювачі повинні відповідати як суто агротехнічним вимогам, пов'язаним із якістю обробки насіння, так і експлуатаційним – надійність, безпека, простота в обслуговуванні, точність дозування та адаптивність до умов господарства. Вибір конкретної моделі залежить від обсягу посівного матеріалу, наявних ресурсів, кадрового забезпечення та рівня технологічної інтеграції в господарстві. В умовах сучасного аграрного виробництва протруювачі не є просто машинами для обробки – це складні технічні рішення, які безпосередньо впливають на якість старту культури, її конкурентоспроможність і прибутковість виробництва загалом.

Рациональний вибір машини-протруювача з урахуванням вказаних вимог та характеристик є запорукою успішної реалізації потенціалу насіння, підвищення стабільності врожаю та зниження витрат на наступні етапи вирощування культури. У поєднанні з правильно підібраними препаратами, дотриманням агротехнічних вимог до сівозмін, глибини посіву, структури ґрунту та вологи, ефективне протруювання стає важливим інструментом не лише технологічного, а й стратегічного значення.

2 РЕКОМЕНДАЦІЇ З ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОТРУЮВАННЯ НАСІННЯ

2.1. Загальна характеристика базової конструкції протруювача

Сучасне сільське господарство дедалі більше орієнтується на технологічно досконалі рішення, що дозволяють не лише підвищити ефективність агропроцесів, а й забезпечити сталість та екологічність виробництва. Одним із таких рішень у сфері передпосівної підготовки є використання камерних протруювачів, зокрема моделі ПК-20 “Супер”. Цей агрегат призначений для високоякісної обробки насіння зернових, зернобобових, технічних та овочевих культур, що робить його універсальним інструментом у розпорядженні аграріїв.



1 – шнек завантажувальний; 2 – бак; 3 – важіль підйому шнека завантажувального; 4 – пульт управління; 5 – дозатор робочої рідини; 6 – фіксатор шнека вивантажувального в транспортному положенні; 7 – бункер насіння; 8 – камера протруювання; 9 – шнек вивантажувальний; 10 – ланцюг; 11 – рукав; 12 – рама; 13 – самохід; 14 – скоба; 15 – циліндр мірний; 16 – установка насосна; 17 – лоток; 18 – чистик; 19 – вісь; 20 – шайба 10; 21 – шплінт 3,2x32; 22 – запобіжний вимикач струму; 23 – кермо; 24 – козирок

Рисунок 1.3 – Протруювач камерний ПК-20 “Супер”

Принцип роботи ПК-20 “Супер” базується на циклічній обробці насіння в спеціально ізольованій камері. Насіння подається з бункера в камеру змішування через дозуючий механізм, який точно регулює обсяг подачі залежно від виду культури. Робочий препарат у вигляді розчину подається за допомогою форсунок, що формують тонкодисперсне обприскування. Таким чином, препарат рівномірно наноситься на всю масу насіння ще до початку змішування. Усередині герметичної камери відбувається активне перемішування – завдяки спеціальній мішалці насіння отримує багатовекторний рух, що забезпечує повне й рівномірне покриття кожної насінини. Після завершення циклу оброблене насіння автоматично вивантажується з камери й може бути одразу спрямоване на зберігання або висів.

Особливістю протруювача ПК-20 “Супер” є його закритий робочий цикл, що практично виключає контакт оператора з пестицидами та знижує навантаження на навколишнє середовище. Такий підхід відповідає сучасним вимогам охорони праці й екологічним стандартам. Важливою перевагою є також висока точність дозування препаратів, що дозволяє оптимізувати витрати й уникнути надлишкового використання хімічних речовин. Завдяки м'якому режиму перемішування агрегат забезпечує мінімальний рівень травмування насіння, зберігаючи його схожість та енергію проростання навіть у випадках обробки делікатних культур, таких як соя чи насіння овочевих.

Модель ПК-20 “Супер” характеризується також високою адаптивністю до різних умов. Її можна налаштовувати відповідно до типу культури, концентрації робочого розчину та необхідного ступеня покриття. Це дозволяє використовувати не лише хімічні, а й біологічні препарати, включно з мікробіологічними інокулянтами, які особливо чутливі до механічного впливу та температурного режиму.

Камерний протруювач ПК-20 "Супер" – це автоматизована самохідна машина з електричним приводом основних робочих вузлів, рис. 1.3.

У конструкцію входять основні компоненти: завантажувальний шнек, резервуар для робочої рідини, вивантажувальний шнек, бункер для насіння, камера протруювання, система керування, насосний агрегат, дозатори для насіння та рідини, а також механізм самопересування.

Усі вузли агрегата змонтовані на металевій рамі, яка встановлена на колесах із пневматичними шинами, що забезпечує мобільність машини та зручність її переміщення.

Основні складові частини протруювача та їх призначення:

Шнек завантажувальний – транспортує насіння з місця зберігання до бункера.

Бак – резервуар для хімічного препарату.

Важіль підйому шнека – регулює положення завантажувального шнека.

Пульт управління – забезпечує контроль за усіма функціями машини.

Дозатор робочої рідини – подає точну кількість хімікату до камери.

Фіксатор шнека – утримує шнек у транспортному положенні.

Бункер насіння – подає насіння до камери через дозатор.

Камера протруювання – місце, де насіння обробляється робочим розчином.

Шнек вивантажувальний – транспортує оброблене насіння до виходу та заповнення тари.

Рама – основа, на якій закріплено всі вузли.

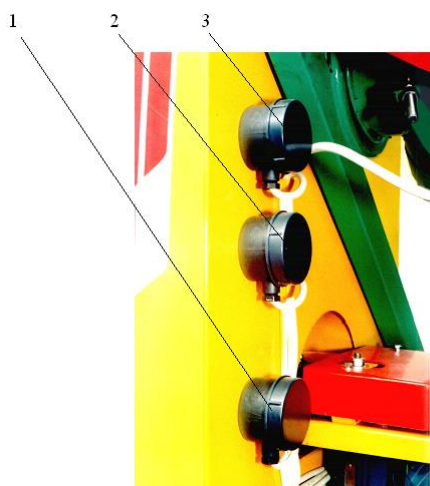
Самохід – механізм руху машини.

Робочий цикл машини включає послідовні етапи приготування робочої рідини, завантаження насіння, обробки у камері й вивантаження протруєного матеріалу. Спочатку препарат заливається у спеціальний бак, звідки насос подає його в камеру через мірний дозатор. Насіння подається через завантажувальний механізм у бункер, після чого направляється до камери обробки. Там воно рівномірно покривається захисною рідиною, перемішується, і далі вивантажується з допомогою відповідного шнека. Контроль за усіма операціями здійснюється з пульта керування.

Система керування робочим процесом передбачає автоматичну синхронізацію подачі насіння та хімікату. Це досягається завдяки роботі трьох датчиків, вмонтованих у насіннєвий бункер. За відсутності насіння подача робочої рідини автоматично припиняється, що виключає перевитрати препарату та забезпечує безпечну експлуатацію.

У залежності від умов експлуатації, машина може працювати в одному з трьох режимів. Перший – налагоджувальний, призначений для перевірки працездатності електричних та механічних вузлів перед початком обробки. Другий – основний автоматичний режим, в якому задіяні всі три датчики рівня, що забезпечує повноцінну синхронізацію подачі насіння і рідини. Третій режим, допоміжний, використовується в специфічних умовах, наприклад, коли обробка здійснюється з високого бурта або насіння має надмірну сипучість. У цьому випадку активні лише два крайні датчики, а центральний відключається, що дозволяє уникнути порушень у подачі матеріалу, коли завантажувальний шнек повністю занурений у бурт і не встигає подавати насіння до бункера

Роботою машини керують з пульта, що дозволяє точно регулювати подачу насіння та препарату. Дозатори забезпечують економне використання хімікатів, а захисні механізми гарантують безпечну експлуатацію.



1 – нижній датчик; 2 – середній; 3 – верхній
Рисунок 1.4 – Загальний вигляд датчиків рівня

Подача насіння та робочого розчину в камеру протруювання відбувається синхронізовано завдяки роботі трьох рівневих датчиків, які встановлені в бункері для насіння (рис. 1.4). Ці датчики забезпечують узгоджену подачу компонентів і контроль над процесом. У випадку, коли насіння в бункері немає, система автоматично припиняє подачу робочої рідини, що дозволяє уникнути перевитрат та забезпечує ефективність і безпеку обробки.

Протруювач може працювати в різних режимах, залежно від умов і потреб користувача. Перший із них – налагоджувальний, призначений для перевірки технічного стану обладнання та коригування налаштувань перед запуском основної роботи. Під час діагностики можна оцінити справність електрообладнання і механізмів без використання насіння або протруювальної рідини. Основний режим автоматичної роботи, позначений як “А3”, передбачає застосування всіх трьох датчиків рівня, що дозволяє підтримувати стабільний і точний процес обробки насіння. Існує також допоміжний автоматичний режим “А2”, у якому використовуються лише два датчики (верхній і нижній). Цей режим застосовується в ситуаціях, коли насіння має високу сипучість і формується високий бурт, унаслідок чого завантажувальний шнек повністю занурюється в масу насіння і не встигає подавати його до бункера. Завдяки переходу на “А2”, система продовжує стабільно працювати навіть за таких ускладнених умов.

Конструктивно ПК-20 “Супер” відзначається міцністю та стійкістю до агресивних середовищ. Камера і деталі, що контактують із робочим розчином, виготовлені з корозійностійких матеріалів, що забезпечує довговічність та стабільність у роботі. Крім того, агрегат може бути інтегрований у більші технологічні лінії з обробки насіння – наприклад, суміщений із ваговими системами, транспортерами чи системами контролю якості.

Водночас, як і будь-яке технологічне обладнання, ПК-20 “Супер” має свої обмеження. Його продуктивність, хоча й оптимальна для середніх господарств, поступається високошвидкісним потоковим протруювачам, що можуть обслуговувати великі агропідприємства з обсягами у десятки тонн за годину.

Окрім цього, правильна експлуатація агрегату вимагає кваліфікації оператора: неточне налаштування дозуючих механізмів може призвести до нерівномірного покриття насіння або перевитрати препарату. Необхідність регулярного очищення камери після обробки пилових або дрібнозернистих культур також вимагає додаткових витрат часу й уваги.

Ціновий аспект також може стати бар'єром для невеликих фермерських господарств. ПК-20 “Супер” є високотехнологічним пристроєм із відповідною вартістю, яка включає якісні матеріали, складні вузли та автоматизовані системи контролю. Проте при тривалому використанні й стабільному навантаженні ця інвестиція цілком себе виправдовує, особливо в контексті підвищення врожайності, зменшення втрат та скорочення витрат на захист рослин.

Застосування протруювача ПК-20 “Супер” дозволяє аграріям значно покращити якість посівного матеріалу, забезпечити рівномірне нанесення препаратів і зберегти біологічну цінність насіння. Для господарств, орієнтованих на якість і стабільність агропроцесів, ПК-20 “Супер” є вигідним вибором, що поєднує сучасний підхід до обробки насіння з практичною надійністю перевіреної конструкції.

2.2 Обґрунтування удосконалення технології протруювання насіння

Удосконалення технології протруювання насіння нерозривно пов'язане з удосконаленням конструкції самого обладнання, зокрема протруювачів камерного типу. Прикладом такої модернізації є покращення роботи протруювача ПК-20 “Супер” шляхом заміни традиційної ланцюгової передачі приводу коліс на систему фрикційних притискних роликів. Це технічне рішення дозволяє значно підвищити надійність приводу, зменшити втрати

енергії та забезпечити плавну передачу руху, що безпосередньо впливає на якість та рівномірність протруювання насіння.

Ланцюгові передачі, які традиційно застосовувалися в конструкції ПК-20, мають низку суттєвих недоліків. Вони схильні до швидкого зношування, особливо в умовах високого пилового навантаження та недостатнього змащування. Крім того, за наявності навіть незначного люфту в ланцюзі виникають ривки під час роботи, що негативно позначається на рівномірності обертання барабана і, відповідно, якості нанесення робочого розчину на насіння..

Запровадження фрикційних притискних роликів дозволило вирішити низку цих проблем. Така система побудована на принципі тертя між поверхнею ведучого ролика і колесом, на яке передається обертання. Притиск регулюється механічно, що дозволяє точно налаштувати силу взаємодії, а отже, забезпечити стабільний і безперебійний рух. У цій схемі не передбачається жорстке зчеплення деталей, що усуває ривки при запуску та зупинці приводу і знижує загальне навантаження на елементи конструкції.

З конструктивного погляду система складається з електродвигуна, який через шків або редуктор приводить у рух ведучий фрикційний ролик. Цей ролик прилягає до зовнішньої поверхні веденого колеса, з'єднаного з барабаном або іншим рухомим вузлом протруювача. Така схема не лише забезпечує точну передачу обертального моменту, а й має властивість певної самокомпенсації при нерівномірному навантаженні.

Застосування фрикційних роликів також спрощує обслуговування машини. Відсутність ланцюгів, зірочок та системи натягу скорочує потребу в частому технічному догляді, зменшує кількість точок змащування і підвищує загальну ремонтпридатність. Для фермерських господарств, де час у сезон має вирішальне значення, це є серйозною перевагою. Крім того, зниження шуму та вібрацій покращує умови праці оператора.

Загалом модернізація приводу коліс протруювача ПК-20 “Супер” через впровадження фрикційних притискних роликів – це приклад ефективного

інженерного рішення, що дозволяє суттєво покращити експлуатаційні характеристики агрегату. Така модернізація забезпечує стабільну та рівномірну обробку насіння, зменшує ймовірність технічних збоїв і сприяє економії ресурсів. У комплексі з якісними препаратами та належним калібруванням, оновлений ПК-20 здатен задовольнити вимоги сучасного аграрного виробництва, залишаючись доступним та ефективним засобом підготовки насіння до сівби.

2.3 Теоретичні передумови опору перекочування коліс протруювача

Необхідність внесення таких змін пояснюється тим, що самохід з ведучим переднім керованим колесом виявив конструктивні недоліки. А саме, для забезпечення переміщення машини, тиск в контакті ролика з шиною був достатньо високим, що спричиняло інтенсивне стирання шини; колесо було одночасно ведучим та керованим, виникали випадки пробуксовування ведучого колеса, особливо при русі по не до кінця очищеною чистиком ділянці, знижувалась точність і ефективність управління.

Постало питання забезпечити більш надійне переміщення машини при виконання технологічного процесу. Було прийняте рішення – встановити два самоходи на задніх опорних колесах, рис. 2.1. Це забезпечить підвищену стабільність руху агрегату та покращення керованості.

Для цього необхідно оцінити сукупний опір руху машини в умовах роботи й транспортування.

Опір перекочуванню, без врахування опору бурта зернового матеріалу, з врахуванням часткового деформування поверхні по якій рухає протруювач визначимо з наступних міркувань.

Аналізуючи процес кочення колеса протруювача із пневматичною шиною, по деформованій поверхні, контактна зона колії умовно поділяється на дві функціонально відмінні частини.

Перша частина, розташована в зоні утворення колії, представляє поверхню, дуже близьку до циліндрової з віссю циліндра в точці (зсув точки вгору щодо геометричного центру колеса O пояснюється деформацією пневматичних шин).

Рівнодіюча нормальних реакцій ґрунту цієї частини опорної поверхні шини проходить через центр O . Другу частину опорної поверхні шини з достатньою точністю можна апроксимувати як площину. Рівнодійна нормальних реакцій ґрунту цієї частини опорної поверхні шини напрямлена по вертикалі вгору. Складання реакцій R_1 і R_2 дає рівнодіючу R . Оскільки при сталому русі

зовнішні сили, що діють на колесо, повинні бути зрівноважені, рівнодіюча R повинна перетинатися з силами F і G в центрі колеса. При прискореному русі реакція R для жорсткого і пружного обода проходить нижче за вісь колеса, а при сповільненому – вище за його вісь. Отже, на колесо з пневматичною шиною при сталому русі по деформованій поверхні сила впливу на колесо еквівалентна дії жорсткого обода при аналогічному режимі руху. Це дозволяє в подальшому трактувати одночасно обидва типи коліс при прискореному русі на підйом.

Система сил і моментів, що впливають на направляюче колесо при його прискореному русі на підйом під кутом до горизонту:

- навантаження на вісь колеса,
- вага колеса,
- рівнодійна нормальних реакцій ґрунту на колесо і її складові,
- штовхаюча сила,
- сила інерції поступального руху колеса,
- момент дотичних сил інерції, що виникає, як наслідок прискореного обертання колеса.

Склавши систему рівнянь проєкцій усіх прикладених сил на осі, паралельну і перпендикулярну поверхні шляху, отримаємо, що:

штовхаюча сила

$$F_n = x_n + G_n \sin \alpha + m_n j \quad (2.1)$$

та

$$y_n = Q_n + G_n \cos \alpha. \quad (2.2)$$

З використанням рівняння моментів відносно осі обертання колеса можна визначити

$$x_n r_n = M_{cn} + M_{jn}, \quad (2.3)$$

але оскільки

$$x_n = F_n - G_n \sin \alpha - m_n j, \quad (2.4)$$

відповідно, аналітичне вираження рівноваги моментів матиме такий вигляд

$$F_n r_n = M_{cn} + M_{jn} + G_n \sin \alpha r_k + m_{nj} n r_n. \quad (2.5)$$

Домноживши обидві частини рівності на ω_n і враховуючи, що $r_n \omega_n = \alpha$, матимемо

$$F_n v = M_{cn} \omega_n + M_{jn} \omega_n + G_n \sin \alpha v + m_{nj} v. \quad (2.6)$$

З отриманого виразу виходить, що потужність, що припадає на кочення колеса, рівна сумі:

1. $M_{cn} \omega_n$ – потужності, що витрачається на подолання перекочування колеса.

2. $M_{jn}\omega_n$ – потужності, що припадає на передачу до колеса кінетичної енергії внаслідок прискореного його обертання.

3. $m_n jv$ – потужності, що припадає на передачу прискореної поступальної ходи колеса.

4. $G_n \sin \alpha v$ – потужності, що припадає на підйом колеса.

У випадку використання колеса з жорстким ободом, уся потужність витрачається на деформування ґрунтового середовища та подолання сил тертя, що виникають на межі контакту обода з поверхнею ґрунту. Натомість при застосуванні колеса з пневматичною шиною до загальних витрат додаються енергетичні витрати, пов'язані з пружно-пластичною деформацією самої шини. При цьому значна частина енергії, витраченої на деформацію шини, повертається під час відновлення її початкової геометричної форми. Важливо відзначити, що внаслідок деформації пневматичної шини збільшується площа контакту з опорною поверхнею, що, у свою чергу, зумовлює зменшення питомого тиску на ґрунт. Це сприяє зниженню ступеня його ущільнення та глибини утворення колії, а отже, і зменшенню загальних витрат потужності на перекочування. У результаті колесо з пневматичною шиною демонструє кращу енергоефективність порівняно з колесом, обладнаним жорстким ободом.

У процесі кочення колеса з пневматичною шиною по твердому покриттю спостерігається зростання енергетичних витрат порівняно з жорстким колесом, що зумовлено внутрішнім тертям між частинками матеріалу шини, яке виникає під час її деформації. Зменшити ці витрати можливо шляхом підвищення внутрішнього тиску в шині, що зменшує її деформованість. Водночас при русі по м'якому ґрунті зниження тиску в шині сприяє перерозподілу навантаження: більша частина деформаційної енергії поглинається шиною, а не ґрунтом. Це дозволяє зменшити глибину колії, покращити зчеплення з поверхнею та, відповідно, знизити витрати потужності на перекочування.

Оскільки витрата потужності на перекочування колеса залежить від глибини колії, яка у свою чергу залежить від механічних властивостей

поверхні C , діаметру D і ширини обода b колеса, а для коліс з пневматичними шинами – від тиску повітря в шині, представляє інтерес визначення глибини колії, величини штовхаючої сили і коефіцієнта кочення колеса

$$f_0 = \frac{F_n}{Q_n}, \quad (2.7)$$

Методика розрахунку глибини колії для пневматичних коліс, запропонована проф. Є. Д. Львовим, дозволяє врахувати особливості їх взаємодії з опорною поверхнею.

$$h_0 = \left[\frac{1,5 \sqrt[3]{Q_n}}{bc \sqrt{2\lambda}} \right]^{2/3}; \quad (2.8)$$

$$F_n = 0,86 \sqrt[3]{\frac{\sqrt[3]{Q_n}}{bc \lambda^2 D^2}}; \quad (2.9)$$

$$f_0 = 0,86 \sqrt[3]{\frac{\sqrt[3]{Q_n}}{bc \lambda^2 D^2}}. \quad (2.10)$$

Одержавши остаточні формули для ключових величин, перейдемо до визначення їх кількісних значень. Розрахунок розпочнемо з визначення навантаження на одне колесо.

$$Q_n = \frac{G_n}{3} = \frac{9200}{3} = 3067 \text{ Н}, \quad (2.11)$$

де G_n - вага заправленої машини, $G_n = 9200 \text{ Н}$.

Тоді необхідна штовхаюча сила за (2.9)

$$F_n = 0,86 \cdot 0,6 \cdot 3067 \sqrt[3]{\frac{0,6 \cdot 3067}{13,5 \cdot 20 \cdot 1^2 50,4^2}} = 220 \text{ Н.}$$

Коефіцієнт перекочування при цьому

$$f_0 = 0,86 \cdot 0,6 \sqrt[3]{\frac{0,6 \cdot 3067}{13,5 \cdot 20 \cdot 1^2 50,4^2}} = 0,07.$$

Окрім сили, необхідної для подолання опору перекочування машини, слід також урахувати додаткове зусилля, що витрачається на подолання опору з боку шару насіння, яке піддається обробці. Цей опір доцільно враховувати у вигляді коефіцієнта довантаження, величина якого становить орієнтовно 30% від основної сили перекочування. Відтак, повне значення штовхаючої сили визначається як сума основної та додаткової складових.

$$F_n = 1,3 \cdot 0,86 \cdot 0,6 \cdot 3067 \sqrt[3]{\frac{0,6 \cdot 3067}{13,5 \cdot 20 \cdot 1^2 50,4^2}} = 286 \text{ Н.}$$

Слід зазначити, що розраховане значення штовхаючої сили стосується лише одного колеса, тоді як загальна кількість коліс становить три. Відповідно, загальний опір, який має бути подоланий ведучим колесом самохідного агрегата, дорівнює сумі опорів усіх трьох коліс, тобто

$$F_n' = 3F_n = 3 \cdot 286 = 858 \text{ Н.} \quad (2.12)$$

Таким чином, при конструюванні запропонованої привідної системи слід передбачити, що ведучі колеса обох самохідних агрегатів мають забезпечити подолання сумарного опору, який становить 858 Н.

Для подальшого визначення крутного моменту, що передається фрикційною передачею, необхідно врахувати умови зчеплення провідних коліс

із опорною поверхнею.

Розглянемо рух ведучого колеса, обладнаного жорстким ободом і пневматичною шиною, по горизонтальній ділянці деформівного ґрунту. У разі сталого (рівномірного) руху на ведучі колеса протруювача діє частина загальної маси агрегата. Цю величину, з урахуванням маси самого колеса, позначимо через Q_k і вона становить

$$Q_k = 2Q_n = 2 \cdot 3067 = 6134 \text{ Н} \quad (2.13)$$

Для виконання тягового розрахунку необхідно враховувати ефективність взаємодії ведучого колеса з ґрунтом, яка характеризується коефіцієнтом зчеплення. Цей коефіцієнт визначається як відношення максимальної допустимої дотичної сили тяги, що може бути реалізована без втрати зчеплення з поверхнею, до величини вертикального навантаження, що діє на ведуче колесо.

Максимальне значення дотичної сили зчеплення для жорстких коліс, обладнаних ґрунтозацепами, обчислюється за наступною формулою

$$P_{k\max} = \lambda \mu Q_k + \frac{c \delta_{\text{дон}} l F_b}{\xi} \quad (2.14)$$

і для камерних коліс

$$P_{k\max} = \mu Q_k + \frac{c \delta_{\text{дон}} l F_b}{\xi}, \quad (2.15)$$

де $\delta_{\text{дон}}$ – найбільша допустима втрата від буксування для даного режиму;

ξ – відношення найбільшого горизонтального напруження ґрунту до середнього;

c – коефіцієнт, що враховує напрям сил тертя ґрунтозачепів і величину їх рівнодіючої;

l – довжина дуги зачеплення;

λ – коефіцієнт, який дорівнює відношенню P_k до $\mu Q_{k\max}$;

μ – коефіцієнт тертя стали об ґрунт;

F_b – упорна поверхня ведучого колеса.

Відповідно до вказаного вище коефіцієнт зчеплення φ жорстких коліс з ґрунтом визначають за формулою

$$\varphi = \lambda\mu + \frac{c\delta_{\text{дон}}lF_b}{\xi Q_k}, \quad (2.16)$$

а для колеса з пневматичною шиною

$$\varphi = \mu + \frac{c\delta_{\text{дон}}lF_b}{\xi Q_k}. \quad (2.17)$$

Значення коефіцієнта зчеплення зазвичай встановлюється експериментальним шляхом. Для жорстких ведучих коліс цей коефіцієнт залежить від характеристик ґрунту і коливається в діапазоні від 0,2 до 1,0. У випадку пневматичних ведучих коліс його величина варіюється в межах від 0,1 до 0,8, що обумовлено як якістю ґрунту, так і рівнем тиску повітря в шині.

Зниження тиску в шині спричиняє збільшення деформації шини, що веде до розширення опорної та упорної площі контакту із ґрунтом. Водночас на вологих і слабкозв'язаних ґрунтах коефіцієнт зчеплення пневматичної шини з поверхнею різко зменшується.

Для наших досліджень найбільшою практичною цінністю є визначення максимальної дотичної сили, що використовується для пересування машини та подолання опору бурта.

Для камерних коліс, виходячи з рівняння (2.23), перепишемо його у такому вигляді:

$$P_{k\max} = Q_k \left(\mu + \frac{c\delta_{\partial on} l F_b}{\xi Q_k} \right) = Q_k \cdot \varphi = 6134 \cdot 0.6 = 3680 \text{ Н}, \quad (2.18)$$

де φ - коефіцієнт зчеплення для колеса з пневматичною шиною, $\varphi = 0.6$.

Для виконання розрахунку фрикційної передачі самохідного агрегату визначимо величину дотичної сили, що діє на одне з ведучих коліс.

$$P'_{k\max} = \frac{P_{k\max}}{2} = \frac{3680}{2} = 1840 \text{ Н}.$$

Таким чином, проведений розрахунок дозволив отримати базовий параметр, необхідний для подальшого визначення характеристик фрикційної передачі самохідного агрегату.

3 ПРОЄКТНА ЧАСТИНА

3.1 Розрахунок основних елементів при внесенні змін в конструкцію рами протруювача

Зусилля у циліндричній фрикційній передачі. Для забезпечення надійної роботи фрикційної передачі та уникнення пробуксовування котків під дією зовнішнього навантаження, необхідно виконати наступну умову

$$F_s > F_t, \quad (3.1)$$

де F_s – сила тертя, що виникає в зоні контакту котків; F_t – колова (тангенціальна) сила, прикладена до котків. Враховуючи, що $F_s = Qf$ і $F_t = 2T_1 / d_1$, а також запроваджуючи коефіцієнт запасу зчеплення K , вищезазначену умову можна перетворити на

$$Qf = 2T_1K / d_1, \quad (3.2)$$

де T_1 – обертовий момент, який діє на ведучому валу фрикційної передачі. З рівняння (2.34) можна визначити необхідне значення притискної сили Q , яка гарантує відсутність проковзування котків

$$Q = 2T_1K / (d_1 f). \quad (3.3)$$

Коефіцієнт тертя ковзання f визначається залежно від матеріалів, з яких виготовлені котки, а також умов експлуатації механізму. Для забезпечення надійності зчеплення в різних типах передач рекомендовано використовувати наступні значення коефіцієнта запасу зчеплення K :

- для силових фрикційних передач: $K = 1,3 \dots 1,5$;
- для кінематичних фрикційних передач: $K = 2,5 \dots 3,0$.

У конкретному випадку, коли ведучий коток виконано зі сталі, а ведений виготовлений із гуми, коефіцієнт тертя можна прийняти $f = 0,3$. Відповідно, для силової фрикційної передачі обирається коефіцієнт запасу зчеплення $K = 1,3$.

Крутний момент на ведучому валу обчислюється, виходячи з потреби забезпечити дотичну силу, необхідну для переміщення машини. Раніше була визначена ця сила, яка становить відповідне значення, $P_{k\max}' = 1840$ Н. Відповідно, така ж величина дотичної сили має діяти на ведучому колесі, що дозволяє обчислити момент на ньому

$$T_2 = P'_{k\max} \frac{d_2}{2} = 1840 \frac{0,46}{2} = 423,2 \text{ Нм.}$$

На основі цього виразу неважко визначити крутний момент на ведучому валу

$$T_1 = \frac{T_2}{u} = \frac{423,2}{6,57} = 64,4 \text{ Нм.}$$

Далі можна розрахувати необхідну силу притиску котків Q , яка гарантує ефективну роботу фрикційної передачі без проковзування

$$Q = 2 \cdot 64,4 \cdot 1,3 / (0,07 \cdot 0,6) = 3987 \text{ Н.}$$

Крім цього, визначається колова сила на котках

$$F_t = \frac{2 \cdot 64,4}{0,07} = 1840 \text{ Н.}$$

А також сила тертя, що виникає в зоні контакту котків

$$F_s = 3987 \cdot 0.5 = 1993.5 \text{ Н.}$$

Загальна сила, яка передається на вали фрикційної передачі, дорівнює сумі притискної сили котків Q і колової сили F_t . Математично описується так

$$F = \sqrt{Q^2 + F_t^2} = \sqrt{1993.5^2 + 1840^2} = 2713 \text{ Н.} \quad (3.4)$$

Ця сила F має бути врахована під час міцнісного розрахунку валів, тоді як сила притиску Q використовується у розрахунках на міцність самих котків і при проектуванні натискного механізму фрикційної передачі.

Оцінка міцності котків у фрикційній передачі виконується з урахуванням матеріалу їх виготовлення. Для металевих котків проводиться розрахунок на контактну міцність робочих поверхонь, що задається умовою

$$\sigma_H \leq [\sigma]_H, \quad (3.5)$$

У випадку неметалевих котків розрахунок виконується за умовою обмеження контактної тиску, що дозволяє забезпечити їхню довговічність і уникнути надмірного зносу

$$q \leq [q]. \quad (3.6)$$

На основі вищезгаданих критеріїв розробляються ключові розрахункові залежності. Відповідно до класичної формули Герца, при лінійному контакті між деталями максимальне контактне напруження визначається

$$\sigma_H = Z_M \sqrt{q / (2\rho_{np})}. \quad (3.7)$$

Середній контактний тиск по довжині взаємодії поверхонь визначається з урахуванням нерівномірності навантаження

$$q = QK_{\beta} / b = 2T_1KK_{\beta} / (d_1 fb), \quad (3.8)$$

де $\phi = 1,1 \dots 1,3$ – коефіцієнт, що враховує нерівномірність навантаження по ширині котків, b – ширина контактної поверхні, l – довжина контакту.

Значення коефіцієнта ϕ обирають залежно від точності виготовлення і складання передачі. Для високоточних і компактних конструкцій, де ширина котків порівняно мала, приймаються нижні межі цього коефіцієнта.

На підставі цього можна сформулювати остаточні умови міцності, які слугують для перевірки працездатності котків у фрикційній передачі:

для металевих котків перевірка здійснюється за наступною умовою

$$\sigma_H = Z_M \sqrt{[QK_{\beta} / (bd_1)](u+1)/u} \leq [\sigma]_H; \quad (3.9)$$

Для неметалевих котків перевірка базується на контролі величини контактного тиску

$$q = QK_{\beta} / b \leq [q]. \quad (3.10)$$

Оскільки в нашому випадку один із котків є неметалевим, скористаємося умовою (3.10). Підставляючи відповідні значення в цю формулу, отримаємо

$$q = 1993.5 \cdot 1.1 / 0.106 = 20687 \text{ Н / м} = 20.7 \text{ Н / мм} \leq [q],$$

де прийнято $b = 0.4 \cdot 0.265 = 0.106$ м – ширина котка; допустимий контактний тиск, $[q] = 25 \text{ Н / мм}$.

Якщо отримане значення тиску задовольняє цій умові, можна зробити висновок, що фрикційна передача є роботоздатною. Вона здатна забезпечити

переміщення машини при наявному зовнішньому навантаженні без порушення міцності контактуючих елементів.

3.2 Розрахунки окремих елементів механізму самохода

Проведемо деякі розрахунки елементів притискного механізму самохода. Зокрема розглянемо болтове кріплення мотор-редуктора до рамки механізму, рис. 2.6.

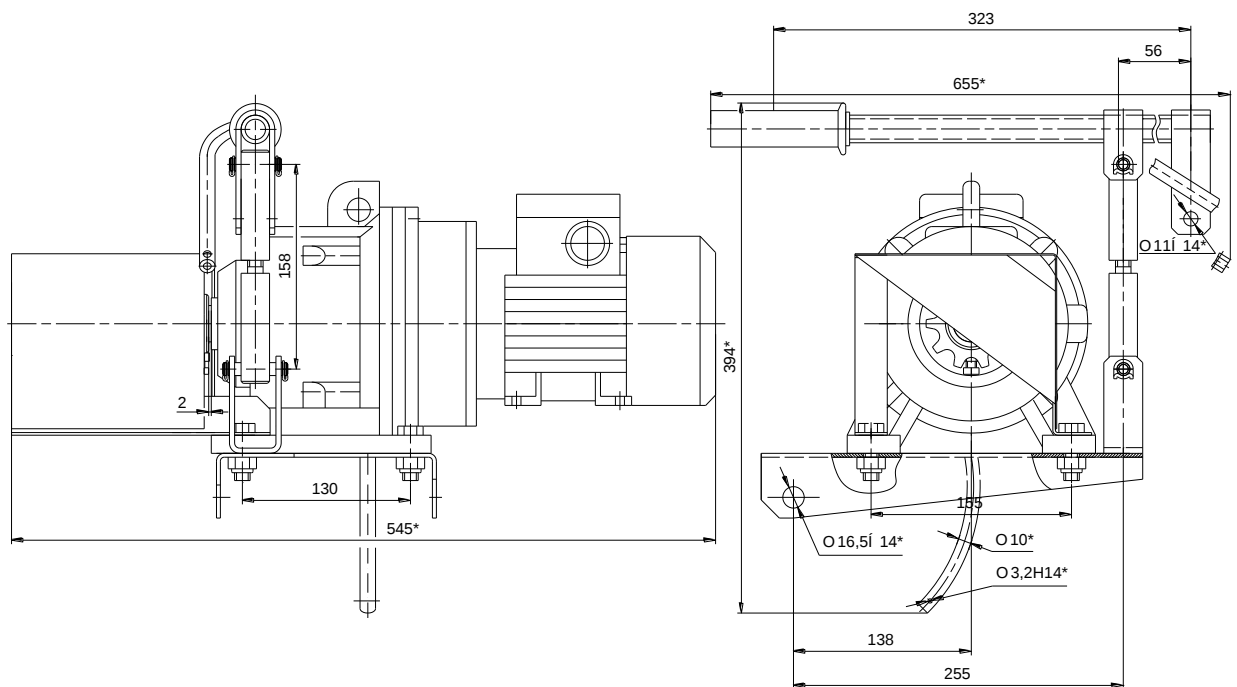


Рисунок 3.1 –Загальний вигляд самохода

Насамперед визначимо діюче навантаження. З боку колеса на притискний ролик передається сила, яка дорівнює силі його притиску до поверхні колеса: $Q = 1993,5 \text{ Н}$. Крім цього, у перпендикулярній площині діє колова сила від приводу колеса: $F_t = 1840 \text{ Н}$.

Перша складова навантаження (сила Q) створює вплив у вигляді розтягувального зусилля та моменту, що є ключовими при перевірці на міцність болтового з'єднання. Друга складова (F_t) зумовлює дії, які викликають

напруження зрізу у з'єднанні.

Переходимо до аналізу зазначених сил. Усі діючі сили доцільно привести до геометричного центру кріплення корпусу редуктора в площині стику з рамою.

Силу F_t можна представити як суму складових: сил і моменту, що діють у горизонтальній площині, зокрема на один окремий болт

$$F_{F_t} = \frac{F_t}{4} = \frac{1840}{4} = 460 \text{ Н.} \quad (3.11)$$

Момент від сили F_t представимо у вигляді

$$F_t l = 4 F_t' b, \quad (3.12)$$

де l - відстань від точки прикладання сили до геометричного центру кріплення,
 $l = 185 \text{ мм};$

b - відстань від геометричного центру кріплення до лінії болтового з'єднання,
 $b = 65 \text{ мм};$

F_t' - сила зрізу на одному болтові від дії моменту від сили F_t

$$F_t' = \frac{F_t l}{4b} = \frac{1840 \cdot 185}{4 \cdot 65} = 1309 \text{ Н.}$$

З аналізу навантажень можна зробити висновок, що найбільші зусилля діють на перші два болти, які фіксують редуктор, оскільки складові сили F_t спрямовані в одному напрямку і саме на них припадає найбільше навантаження

$$F_r = F_{F_t} + F_t' = 460 + 1390 = 1850 \text{ Н.} \quad (3.13)$$

Напруження зрізу при цьому становитимуть

$$\tau_F = \frac{F_r}{A} \leq [\tau], \quad (3.14)$$

де A – площа зрізу,

$$A = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3.14 \cdot 10^2}{4} = 78.5 \text{ мм}^2, \quad (3.15)$$

де d - заданий діаметр болта, $d = 10$ мм;

$[\tau]$ - допустиме напруження зрізу, $[\tau] = 100$ МПа.

Для перевірки на міцність також враховується допустиме значення напруження зрізу $[\tau]$, яке визначене для відповідного класу міцності матеріалу болта

$$\tau_F = \frac{1850}{78.5} = 23.6 \text{ МПа} \leq [\tau].$$

Розрахунки підтверджують, що умова міцності за даної складової дотримується з належним запасом, тобто обрані болти здатні витримати навантаження.

Остаточне рішення щодо вибору діаметра болта слід приймати після аналізу дії другої складової навантаження, що дозволить визначити сумарні напруження.

Переходимо до розгляду дії сили Q . Як і раніше, приведемо її до геометричного центру кріплення корпусу редуктора.

Силу Q можна подати у вигляді сили та моменту, що впливають у вертикальній площині. При цьому розглянемо навантаження, яке діє на один найбільш навантажений болт

$$F_Q = \frac{Q}{4} = \frac{1993.5}{4} = 498.4 \text{ Н.} \quad (3.16)$$

Момент від сили Q представимо у вигляді

$$Ql = 4Q'b, \quad (3.17)$$

де l – відстань від точки прикладання сили до геометричного центру кріплення, $l = 185$ мм;

b – відстань від геометричного центру кріплення до лінії болтового з'єднання, $b = 65$ мм;

Q' – сила розтягу на одному болтові від дії моменту від сили Q

$$Q' = \frac{Ql}{4b} = \frac{1993.5 \cdot 185}{4 \cdot 65} = 1418.5 \text{ Н.}$$

У даній ситуації, як і раніше, найбільше навантаження припадає на перші два болти кріплення редуктора. Це пояснюється тим, що компоненти сили Q діють у тому ж напрямку і спрямовані через ці болти

$$Q_B = F_Q + Q' = 460 + 1418.5 = 1878.5 \text{ Н.} \quad (3.18)$$

Напруження розтягу при цьому становитимуть

$$\sigma_Q = \frac{Q_B}{A} = \frac{1878.5}{78.5} = 23.9 \leq [\sigma], \quad (3.19)$$

де A – площа поперечного перетину болта, $A = 78.5 \text{ мм}^2$.

$[\sigma]$ – допустиме напруження розтягу, $[\sigma] = 160 \text{ МПа}$.

За результатами розрахунку встановлено, що умова міцності для

розтягувального навантаження також дотримується з достатнім запасом, тобто розрахунок підтверджує надійність конструкції.

Сумарні напруження

$$\sigma = \sqrt{\sigma_Q^2 + 4\tau_F^2} = \sqrt{23.6^2 + 4 \cdot 23.9^2} = 53.3 \text{ МПа.} \quad (3.20)$$

Таким чином, остаточно для кріплення мотор-редуктора з роликом доцільно застосувати чотири болти типу М10. Обраний із запасом розмір болтів пояснюється можливим збільшенням сили притиску ролика з часом унаслідок зношування або термічного впливу на вузол протягом експлуатації. Також враховуються додаткові фактори, які не були охоплені аналітичними розрахунками.

Далі розрахуємо зусилля, яке потрібно прикласти рукою до важеля включення механізму самохода для створення необхідної сили притиску, що забезпечує надійну роботу фрикційної передачі.

На першому етапі знайдемо момент, необхідний для реалізації сили притиску ролика

$$M_1 = Qa = 1993.5 \cdot 0.138 = 275.1 \text{ Нм,} \quad (3.21)$$

де a - відстань від центра обертання рамки кріплення самохода (рис. 3.1) до лінії дії притискної сили ролика Q , $a = 0.138$ м.

Отриманий вище момент притискної сили ролика дорівнює моменту, що створюється зусиллям у ланці важеля, прикладеним до відповідного плеча відносно осі обертання рамки кріплення

$$M_2 = M_1 = Pc, \quad (3.22)$$

де c - плече від лінії дії ланки важеля до осі обертання рамки кріплення,

$c = 0.255$ м.

З даного рівняння визначаємо P

$$P = \frac{M_1}{c} = \frac{275.1}{0.255} = 1079 \text{ Н.} \quad (3.23)$$

Знаючи це зусилля, можемо обчислити момент, який передається важелем механізму притиску

$$M_3 = Pd' = 1079 \cdot 0.056 = 60.4 \text{ Нм}, \quad (3.24)$$

тут d' - плече дії сили, $d' = 0.056$ м.

Далі визначимо безпосередньо зусилля притиску, прикладене на важелі механізму.

Даний момент буде рівним моментові M_3 , отже

$$M_4 = M_3 = P_r e, \quad (3.25)$$

де e - плече дії сили P_r , $e = 0.323$ м.

Отже, необхідне нам зусилля

$$P_r = \frac{M_3}{e} = \frac{60.4}{0.323} = 187 \text{ Н.} \quad (3.26)$$

Отже, для вмикання механізму самохідного протруювача потрібно забезпечити притискну силу, яка дорівнює 187 Н. Цей результат є важливою вихідною величиною для подальших конструкторських розрахунків інших елементів системи.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Небезпеки, що виникають від обертових частин протруювачів при їх роботі

Під час експлуатації сільськогосподарських машин, зокрема протруювачів насіння, одним із найнебезпечніших джерел травматизму залишаються обертові частини механізмів. До таких елементів належать шнеки, привідні вали, диски, транспортери, колеса з ґрунтозацепами та інші рухомі вузли, що виконують основні технологічні операції протруювання. Їх обертання зумовлює механічну дію значної інтенсивності, що, за умови недотримання правил техніки безпеки або недостатньої захищеності, може призвести до травм різного ступеня тяжкості.

Основні ризики, пов'язані з обертовими елементами, полягають у можливості захоплення частин тіла або елементів одягу між рухомими деталями чи між обертовими та нерухомими частинами конструкції. У разі втрати зчеплення або відсутності належних огорожень ці частини можуть нанести удар, спричинити затягування руки чи ноги до внутрішнього механізму або навіть стати причиною ампутації. Також при пошкодженні обертових деталей можливе відокремлення їх фрагментів, що розлітаються на великій швидкості, створюючи загрозу для оточуючих. До того ж, у процесі експлуатації може виникати вібрація через розбалансування вузлів, що не лише ускладнює роботу оператора, а й підвищує ймовірність аварійної ситуації.

Окрему небезпеку становлять обертові частини, що працюють у зоні завантаження або обслуговування. Під час очищення механізмів або їх ремонту, особливо без повного вимкнення живлення, можливий випадковий контакт із працюючими вузлами. Це часто трапляється внаслідок порушення інструкцій з експлуатації або через намагання зекономити час за рахунок зняття захисних кожухів.

Рівень небезпеки зростає за наявності додаткових чинників: експлуатації

машини без технічного огляду, пошкодження приводів, відсутності аварійної зупинки, вологих умов роботи або використання пестицидів, які потрапляють на поверхні приводів і можуть знизити коефіцієнт тертя. Особливо загрозовими є ситуації, коли працівники не проходять відповідну підготовку або інструктаж щодо безпечного обслуговування обладнання.

Наслідки недотримання вимог безпеки можуть бути вкрай серйозними: від подряпин і синців до важких травм, таких як переломи, рвані рани, ампутації кінцівок, струси, а в окремих випадках – летальні випадки. Такі інциденти спричиняють не лише моральні й фізичні втрати, але й економічні збитки підприємству, зупинку виробництва, а також можуть тягнути за собою юридичну відповідальність роботодавця.

Для запобігання подібним ситуаціям необхідно впроваджувати низку організаційних та технічних заходів. Усі обертові механізми мають бути оснащені надійними захисними кожухами, що унеможливають доступ до небезпечних зон під час роботи. Технічне обслуговування, очищення та налагодження машин слід проводити виключно при вимкненому живленні. Працівники повинні бути забезпечені спеціальним одягом, який не має вільних частин, що можуть бути захоплені механізмом, а також регулярно проходити інструктаж з охорони праці. Надзвичайно важливою є наявність справної системи аварійного зупинення, яка блокує запуск механізму при відкритті оглядових або сервісних люків.

Отже, обертові частини протруювачів створюють суттєву загрозу для працівників, особливо в умовах неналежного технічного стану обладнання або низького рівня професійної підготовки персоналу. Запобігання нещасним випадкам потребує комплексного підходу, що включає технічні, організаційні та профілактичні заходи, спрямовані на мінімізацію впливу небезпечних факторів та забезпечення безпечних умов праці.

4.2 Вимоги охорони праці при роботі з протруювача насіння

Обробка насіння перед посівом є одним із найважливіших технологічних етапів у сільському господарстві. З метою захисту майбутнього врожаю від хвороб і шкідників використовуються різні хімічні препарати – протруйники, які вимагають особливої обережності в процесі застосування. Робота з протруювачами насіння належить до робіт з підвищеною небезпекою, тому потребує суворого дотримання норм охорони праці, техніки безпеки, гігієни праці та санітарного законодавства.

Перед початком робіт з протруювачем насіння працівники зобов'язані пройти попередній та періодичний медичний огляд, спеціальне навчання та інструктаж з охорони праці. Особи, які не мають відповідної підготовки, не допускаються до виконання робіт. Кожен оператор повинен знати принцип дії протруювача, вміти працювати з дозуючим обладнанням, розуміти правила поводження з хімічними речовинами та користуватися засобами індивідуального захисту.

Безпосередньо перед початком робіт необхідно переконатися в справності обладнання: оглянути механізми приводу, електричні з'єднання, стан захисних кожухів, щільність з'єднань баків і трубопроводів. Забороняється працювати на несправному обладнанні або при відсутності хоча б одного елемента захисту. Усі обертові частини механізмів мають бути закриті кожухами, що унеможлиблюють контакт з ними під час роботи. Протруювач повинен бути заземлений згідно з вимогами електробезпеки, а його привідна частина – обладнана аварійною кнопкою зупинки.

Під час завантаження насіння та змішування робочих розчинів працівники повинні використовувати спецодяг (комбінезон або халат з водовідштовхувальної тканини), гумові чоботи, захисні рукавиці, респіратор (типу РПГ-67, У-2К або аналогічний), а також захисні окуляри або маску. Приміщення, де здійснюється протруювання, має бути обладнане ефективною системою вентиляції, щоб запобігти накопиченню парів токсичних речовин у повітрі.

Операції з підготовки та дозування хімічних препаратів мають проводитися в окремій зоні, віддаленій від джерел водопостачання, складів з продуктами харчування, кормами чи місць утримання тварин. Забороняється

змішувати препарати на око – необхідно точно дотримуватися дозування згідно з інструкцією виробника. Після приготування розчинів ємності з залишками препаратів повинні бути герметично закриті, а відходи – утилізовані відповідно до санітарно-екологічних норм.

Під час експлуатації протруювача необхідно постійно контролювати герметичність усіх з'єднань, не допускати протікання рідини або розпилу препарату. У разі виявлення несправностей роботу негайно припиняють, а механізм виводять з експлуатації до повного усунення проблеми. Оператор не повинен проводити ручне очищення чи технічне обслуговування протруювача під час його роботи або при увімкненому електроживленні.

Після завершення робіт з протруювання всі вузли обладнання ретельно очищаються і промиваються. Особлива увага приділяється очищенню дозуючих систем, шнеків, камер обробки насіння та баків для робочих розчинів. Всі відходи після промивання мають збиратись у спеціальні ємності для подальшої утилізації. Оператор після завершення робіт знімає спецодяг, який підлягає очищенню або дезактивації, мие руки й обличчя з милом, за потреби – приймає душ.

Суворо заборонено палити, вживати їжу або напої на робочому місці чи поблизу місць, де зберігаються хімічні речовини. Усі протруйники мають зберігатися у спеціально обладнаному складі з обмеженим доступом і з урахуванням вимог щодо температури, вологості та безпеки.

У випадку отруєння або потрапляння хімікатів на шкіру, слизові оболонки чи в очі необхідно негайно надати потерпілому першу допомогу згідно з інструкцією з безпеки конкретного препарату і, при потребі, викликати лікаря. На робочому місці має бути аптечка з протиотруйними засобами, водою для промивання, антисептиками та засобами для першої допомоги.

Отже, дотримання вимог охорони праці при роботі з протруювачем насіння – це не лише гарантія безпеки для персоналу, а й умова ефективного, стабільного функціонування технологічного процесу. Тільки за умови відповідального ставлення до безпеки праці можна уникнути випадків травматизму та отруєнь, забезпечити збереження здоров'я працівників і довгострокову експлуатацію техніки.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У результаті аналізу привідної системи базової конструкції протруювача було з'ясовано, що перші модифікації цієї машини оснащувалися самоходом з приводом на кероване колесо, який складався з електродвигуна, черв'ячного редуктора та ланцюгової передачі. Така конструкція демонструвала достатню надійність у забезпеченні переміщення агрегату, проте мала низку суттєвих недоліків. Зокрема, значні габаритні розміри негативно впливали на маневровість, конструкція приводу вимагала великої кількості металу, а ланцюгова передача потребувала високої точності складання та регулювання. Найбільш критичним недоліком виявилася відсутність механізму регулювання зусилля переміщення. Через жорсткість приводу під час наїзду на нерівності – такі як пороги або виступи, що часто трапляються в умовах току – виникали деформації та пошкодження завантажувальних шнеків і їхніх кожухів.

З огляду на виявлені недоліки було прийнято технічно обґрунтоване рішення про заміну жорсткої передачі на фрикційну. Новий варіант реалізовано у вигляді фрикційного ролика, який передає обертальний момент через безпосередній контакт з одним із коліс протруювача. Ролик приводиться в дію від компактного мотор-редуктора, що значно спростило конструкцію, зменшило масу та забезпечило плавність у роботі вузла переміщення.

На підставі виконаних розрахунків підтверджено доцільність такого технічного рішення, яке дозволяє підвищити надійність роботи та зменшити ймовірність пошкодження елементів машини під час експлуатації. В результаті розрахунків встановлено:

силу, яку потрібно прикласти до осі колеса щоб перемістити машину, враховуючи ще опір бурта насіння, яке буде оброблятися - $F_n = 264 \text{ Н}$;

сумарна штовхаюча сила $F_n' = 792 \text{ Н}$;

для приводу колеса (ведучого ролика) використано привод відкривання воріт без важелів МВзП80-2,2-150 Сп ТУ 2-056-007-81, $n_1 = 2,2 \text{ об./хв}$;

для виконання фрикційної передачі прийнята пара – гумова шина колеса-металевий ролик діаметром $d_1 = 110$ мм;

питомий тиск на шину колеса становить $q = 16.6 \text{ Н/мм}$ при допустимому $[q] = 25 \text{ Н/мм}$;

при розрахунку притискного механізму самохода:

для кріплення мотор-редуктора з роликом доцільно застосувати чотири болти типу М10;

для вмикання механізму самохідного протруювача потрібно забезпечити притискну силу, яка дорівнює 187 Н. Цей результат є важливою вихідною величиною для подальших конструкторських розрахунків інших елементів системи;

при розрахунку шпонкового з'єднання встановлено, що вал ведучого ролика передає крутний момент $T_1 = 43.6 \text{ Нм}$. Діаметр вихідного кінця вала 28 мм. Розміри шпонки для даного діаметра вала: $b = 8 \text{ мм}$; $h = 7 \text{ мм}$; глибина шпоночного паза у валі $t_1 = 4 \text{ мм}$; довжина шпонки $l_{ш} = 50 \text{ мм}$. Напруження зминання при цьому становлять $\sigma_{з.м} = 24,7 \text{ МПа}$;

Розглянуто питання безпеки життєдіяльності та охорони праці, зокрема: небезпеки, що виникають від обертових частин протруювачів при їх роботі, вимоги охорони праці при роботі з протруювача насіння.

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. Динамічна модель енергозберігаючого приводного механізму косарки. *Вісник ХНТУСГ. Випуск 145. “Проблеми надійності машин*

та засобів механізації сільськогосподарського виробництва». Харків, 2014. С.112–118.\

16. Бабій А.В., Бабій М.В. Організація і технологія механізованих робіт: навчальний посібник до курсового проєктування 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.

17. 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.

18. 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.

19. 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.

20. 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. Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2023. Вип. 8(39), ч. II. С. 125-133.

21. 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.

22. 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.
23. 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.
24. Заверуха Н.М. Безпека життєдіяльності: Навчальний посібник. Львів: „Новий світ–2000”, 2003. – 264 с.
25. Каскад. Протруювач насіння ПС-10 (власне виробництво) URL: <https://kaskadx.com/ua/protravlivatel-semyan-10-pc>
26. Керб Л. П. Основи охорони праці: Навч. пос. К.: КНЕУ, 2003. 215с.
27. 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.
28. 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.
29. Опір матеріалів. Під заг. ред. акад. АН УССР Г. С. Писаренко. К.:Вища школа, 1974. 304 с.
30. Павлице В.Т. Основи конструювання та розрахунків деталей машин. К.: Вища шк., 1993. 556 с.
31. Протруювач камерний ПК-20 “Супер”. Інструкція з експлуатації. Львів. 2012. 48 с.
32. ПРОТРУЮВАЧІ НАСІННЯ ПС-25 URL: <https://hydromarket.com.ua/ua/p993337865-protravlivatel-semyan.html>
33. 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.
34. 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.

35. 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.

36. Хомик Н. І., Мартинюк 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.

37. 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.